

**MANUAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE ACEITES DIELECTRICOS
VEGETALES UTILIZADOS EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA COSTA ATLÁNTICA.**

ALEXANDRA RODRÍGUEZ SEVERICHE

DARIELA IVONNE ACOSTA ZAMBRANO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BARRANQUILLA

2014

**MANUAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE ACEITES DIELECTRICOS
VEGETALES UTILIZADOS EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA COSTA ATLÁNTICA.**

ALEXANDRA RODRÍGUEZ SEVERICHE

DARIELA IVONNE ACOSTA ZAMBRANO

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesora

Liliana Patricia Lozano Ayarza

Ingeniera Química

UNIVERSIDAD DE LA COSTA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BARRANQUILLA

2014

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Barranquilla, 16 de Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos dado la fuerza y sabiduría para la culminación de este trabajo,

A nuestros familiares, por toda su comprensión, apoyo y compañía durante el tiempo que duró la elaboración de este trabajo y la culminación de nuestra carrera,

A la ingeniera Liliana Lozano, fue nuestra profesora y tutora durante este trabajo, gracias por creer en nuestras capacidades,

A la Ingeniera Eliana Vergara por su gestión y seguimiento para la presentación de este trabajo,

A las personas que durante todo este tiempo nos brindaron su apoyo, comprensión y cariño, haciéndonos entender que este es sólo un pequeño paso de nuestra carrera y el abrebocas de un futuro profesional.

RESUMEN

Este trabajo se presenta como una guía donde se establecen lineamientos para dar manejo adecuado al uso del aceite dieléctrico vegetal, el cual se está empezando a implementar en los transformadores de distribución energía de la costa Atlántica. Así mismo, se incluye el uso, almacenamiento y disposición de los aceites dieléctricos contenidos en transformadores de distribución de energía eléctrica, resaltando las características físico-químicas de este fluido, la importancia de su aplicación y su inminente uso en nuestra región. El manual evalúa los posibles riesgos ambientales que se podrían dar si la implementación de estos aceites no se realiza de una forma adecuada, lo que llevaría a que este nuevo insumo, que es altamente biodegradable, trajera impactos negativos si no se emplean medidas de manejo adecuadas que permitan no sólo un buen funcionamiento en el equipo, sino también la reducción de costos de tratamiento del residuo hasta su recuperación total. Se proponen medidas de manejo contemplando que estas permitan obtener un estado óptimo del aceite al finalizar su vida útil, y que permita el aprovechamiento total del mismo, abarcando las etapas de: transporte, uso, almacenamiento y disposición; antes, durante y después de su uso. Finalmente, se brindan opciones de aprovechamiento del aceite, así como también de disposición final en caso que el aceite presentado como residuo no pudiera ser aprovechado en su totalidad.

Palabras claves: Aceite dieléctrico, manual, aprovechamiento, almacenamiento, antes y después de su uso.

ABSTRAC

This work is presented as a guide where guidelines are set to provide proper management to the use of vegetable oil dielectric, which is beginning to be implemented in power transformers distribution of the Atlantic coast. Likewise, the use, storage and disposal of dielectric transformers oils contained in electricity distribution, highlighting the physical and chemical characteristics of the fluid, the importance of their implementation and their imminent use in our region is included. The handbook assesses the potential environmental risks that could occur if the implementation of these oils is not performed in an appropriate manner, leading to this new input, which is highly biodegradable, it could bring negative impacts if appropriate management measures are not used that would not only perform well on the team, but also reducing waste treatment costs until complete recovery. Management measures are proposed contemplating these allow optimum condition of the oil at the end of its useful life, and to allow full use of it comprising the steps of: transport, use, storage and disposal; before, during and after use. Finally, the oil use options are provided, as well as disposal if presented as oil residue could not be fully realized.

Key words: Dielectric oil, manually, use, storage, Do Before and after usage.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1. MARCO DE ANTECEDENTES	21
4.2. MARCO CONCEPTUAL	22
4.3. MARCO LEGAL	26
4.4. MARCO TEÓRICO	31
5. DISEÑO METODOLÓGICO	35
5.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	36
5.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	36
5.3. DISEÑO DEL MANUAL	37

6. RESULTADOS.....	39
6.1. DIAGNÓSTICO	39
6.1.1. Características en común de los aceites dieléctricos vegetales: Envirotemp FR3, BIOTEMP y MIDEL eN.	39
6.1.1.1. Origen.	39
6.1.1.2. Biodegradabilidad.....	40
6.1.1.3. Rigidez Dieléctrica.	41
6.1.1.4. Punto de Inflamación y Combustión.....	41
6.1.2. Opciones de aprovechamiento y/o disposición final del aceite dieléctrico vegetal.	42
6.1.3. Responsabilidades de los actores involucrados en el manejo de los aceites dieléctricos vegetales usados	45
6.1.4. Condiciones de manejo actual de los transformadores de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la empresa Electricaribe S.A. E.S.P.....	51
6.1.4.1. Zona de almacenamiento temporal de transformadores nuevos de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la subestación el oasis de Electricaribe S.A. E.S.P.	52
6.1.4.2. Zona de almacenamiento temporal de transformadores usados de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la subestación el oasis de Electricaribe S.A. E.S.P.	54
6.1.4.3. Caso específico de desinstalación e instalación de transformadores de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral por Electricaribe S.A. E.S.P. en zona de uso.....	57
6.1.5. Identificación de Riesgos Ambientales.....	59
6.2. MANUAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE ACEITES DIELECTRICOS	

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Etapas de la investigación.	35
Ilustración 2. Reacción química del Biodiesel	43
Ilustración 3. Reacción química de la saponificación	44
Ilustración 4. Área Actual de Almacenamiento Transformadores Nuevos	54
Ilustración 5. Área actual de almacenamiento transformadores usados	56
Ilustración 6. Caso específico de desinstalación e instalación de transformadores.....	59
Ilustración 7. Grado de causalidad.....	64
Ilustración 8. Flujograma manual para el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la costa atlántica.	67
Ilustración 9. Rombo de seguridad.	68
Ilustración 10. Bolsa/Tanque flexible en contenedor	70
Ilustración 11. Camión cisterna	70
Ilustración 12. Kit de atención de derrames	74
Ilustración 13. Matriz	96
Ilustración 14. Valorización de Problemas	97
Ilustración 15. Categorización de Problemas.....	98

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Matriz de Normatividad Nacional Relacionada con el Manejo del Aceite Dieléctrico Vegetal presentado como Residuo.	28
Tabla 2. Matriz de normatividad internacional relacionada con el aceite dieléctrico vegetal	30
Tabla 3. Origen de aceites dieléctricos vegetales.....	40
Tabla 4. Biodegradabilidad de aceites dieléctricos vegetales	40
Tabla 5. Rigidez dieléctrica de aceites dieléctricos vegetales.....	41
Tabla 6. Punto de inflamación y combustión de aceites dieléctricos vegetales	42
Tabla 7. Actores involucrados en el manejo de los aceites dieléctricos vegetales usados.	47
Tabla 8. Actividades desarrolladas por Electricaribe S.A. E.S.P. durante el manejo de los TDEM.	51
Tabla 9. Acciones ejecutadas por Electricaribe S.A. E.S.P. durante la desinstalación e instalación de un TDEM en su lugar de uso (Caso específico sector de Barranquilla).....	57
Tabla 10. Matriz de descripción de problemas.....	60
Tabla 11. Matriz de Vester	63
Tabla 12. Categorización de problemas.....	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Metodología Matriz de Véster.....	95
ANEXO 2. Entrevistas.....	100
ANEXO 3. Lista de Chequeo	101

INTRODUCCIÓN

El aceite dieléctrico es utilizado en los transformadores como medio de lubricación y enfriamiento, manteniendo, de esta forma, el funcionamiento de los equipos eléctricos. El hecho de ser dieléctrico significa que es aislante, debido a su baja conductividad eléctrica. Por esta y otras características, y su importante funcionamiento en los equipos eléctricos, el uso del aceite dieléctrico es casi indispensable en los sistemas de distribución eléctrica actuales. Sin embargo, por su composición, los aceites dieléctricos utilizados en las últimas décadas han sido elementos altamente contaminantes, esencialmente por su baja capacidad de degradarse, siendo capaces de persistir por periodos largos, generando paralelamente impactos al medio ambiente. Por lo anterior, y en concordancia con el objetivo mundial de forjar y mantener un desarrollo sostenible, se han generado nuevas tecnologías en materia de composición de los aceites dieléctricos, utilizando insumos que no se catalogan como elementos contaminantes, como es el caso del aceite dieléctrico vegetal, que se obtiene a partir de semillas como soya, canola y girasol.

El aceite dieléctrico vegetal se presenta como una solución al creciente problema de la contaminación generada por los aceites dieléctricos de tipo mineral mezclados con PCB, de los que se tiene como meta mundial lograr su eliminación total para el año 2025. Sin embargo, en Colombia, y específicamente en la Costa Atlántica, aún no se ha implementado esta nueva tecnología, pero de acuerdo a los objetivos del milenio, la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en el caribe colombiano, debe realizar esta reconversión tecnológica antes del vencimiento del tiempo establecido.

Por las características contaminantes del aceite dieléctrico mineral y de los PCB'S,

a nivel internacional se han generado convenios que rigen su manejo, centrándose mayormente en la etapa de disposición final del residuo, clasificado como residuo peligroso. Estos convenios se han acogido en Colombia, y han sido el punto de partida para la generación de normas legales nacionales que establecen el manejo de este tipo de residuo, desde su recolección y transporte hasta su disposición final.

En comparación con el aceite dieléctrico mineral, el aceite dieléctrico vegetal es altamente biodegradable y no genera impactos negativos al medio ambiente, esto, sólo si se mantienen sus características físico-químicas hasta el final de su vida útil y no es mezclado con sustancias contaminantes. Por otra parte, por su composición, el aceite dieléctrico vegetal podría ser aprovechado para ser utilizado en otros procesos industriales, para lo cual se necesitaría conocer las condiciones en las que debe ser presentado y el manejo que se le debe dar para lograrlo. Sin embargo Colombia aún no cuenta con normatividad legal, guías o manuales relacionados directamente con el manejo de este tipo de aceite dieléctrico.

En este orden de ideas, y teniendo en cuenta que con la implementación del aceite dieléctrico vegetal en Colombia, específicamente en la costa atlántica, se generaría un nuevo residuo que no cuenta con la normalización nacional necesaria para conocer su manejo y disposición, la razón de este trabajo es generar un manual que indique los procedimientos que se deben desarrollar para lograr un manejo adecuado de los aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la costa Atlántica, durante su transporte, uso y manipulación, con el objetivo de lograr su aprovechamiento final.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, existe una creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente, teniendo como meta alcanzar conjuntamente un apropiado desarrollo sostenible, por lo que se desea reemplazar productos contaminantes por otros de menor impacto ambiental. Así por ejemplo, en el convenio de Estocolmo¹ sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) realizado en Estocolmo el 22 de Mayo de 2001, se determinó la eliminación de los PCB (Policlorobifenilos o Bifenilos policlorados), utilizados comúnmente como base de fluidos dieléctricos en la mayoría de transformadores y condensadores. Estos productos poseen las propiedades necesarias para su uso en equipos eléctricos, como la pirorresistencia², pero presentan algunas desventajas importantes. Estas desventajas están relacionadas con la naturaleza tóxica de los PCB y el hecho de que pueden contaminarse con dibenzofuranos o transformarse en ellos³. Colombia demostró su apoyo a la eliminación de los Compuestos Orgánicos Persistentes, entre ellos los PCB, firmando el Convenio de Estocolmo sobre COP en el año 2001, ratificado posteriormente con la ley 1196 del 05 de junio de 2008⁴. Por las características anteriormente nombradas, los PCB se dejaron de usar en los transformadores de distribución de energía a nivel nacional e internacional, y se dio paso al uso de los aceites minerales, que son subproductos de la destilación del petróleo⁵, pero estos también presentan desventajas, como su baja biodegradabilidad y el contenido de trazas de PCB como consecuencia del reúso de transformadores, presentándose igualmente como elementos de alto impacto

¹CONVENIO DE ESTOCOLMO. Convenio de Estocolmo 10 ° Aniversario: Principales logros en 10 Años. Secretaría del Convenio de Estocolmo. Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente. [En Línea]

² PNUMA PRODUCTOS QUÍMICOS, Transformadores y condensadores con PCB desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Mayo de 2002, Primera Edición. [En Línea].

³ ibid. p. 7

⁴ COLOMBIA. . Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. p. 5

⁵ MURILLO S., Jorge Enrique; MARCHENA P., Verny José. Estudio Básico de Contaminación en Aceites Dieléctricos Mediante Láser. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2006. Trabajo de Grado (Bachiller en Ingeniería Eléctrica). Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. p. 10

ambiental.

A nivel mundial se han desarrollado aceites dieléctricos de origen vegetal, buscando disminuir el uso de los aceites minerales y alcanzar el objetivo de eliminar los PCB en su totalidad para el año 2025. Esta tecnología es relativamente nueva, y en Colombia tomó interés en el año 2009, a partir del cual algunas empresas de las diferentes regiones del país intentan realizar esta reconversión tecnológica. Pero, a menudo, la implementación de nuevas tecnologías sin haber realizado un estudio previo sobre el manejo de las mismas y de los residuos que podría generar, ocasiona una alteración en los medios con los que se relaciona durante su transporte, uso, almacenamiento, aprovechamiento y/o disposición final, pudiendo crear efectos nocivos al ser humano y al ambiente u originar alguna alteración.

Para el caso específico del cambio del aceite dieléctrico mineral por un aceite dieléctrico vegetal para su uso en transformadores de distribución eléctrica en la costa atlántica colombiana, es necesario establecer un adecuado almacenamiento y disposición de éste, logrando que el manejo del mismo sea óptimo, minimizando las consecuencias ambientales y sociales que podría traer, teniendo en cuenta que un mal proceso de almacenamiento temporal podría alterar las propiedades químicas, físicas y/o biológicas del aceite, así como también de los medios (acuáticos o terrestres) en los que se encuentre en caso de no tener un área adecuada para su acopio. En Colombia no se cuenta con un documento técnico, científico o gubernamental, que indique los procesos que requiere el manejo integral de este tipo de aceite.

Por lo anterior, se hace necesario contar con un manual que especifique el manejo que debe tener un aceite dieléctrico vegetal durante su transporte, uso y almacenamiento temporal, y a su vez, establezca opciones de aprovechamiento y/o disposición final. De este planteamiento surge la pregunta problema: ¿Cuáles son

los mecanismos necesarios para efectuar el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la Costa Atlántica?

2. JUSTIFICACIÓN

El Manual para el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la costa atlántica, es diseñado para dar medidas de manejo precisas que permitan mantener el aceite en condiciones óptimas para su posterior aprovechamiento, disminuyendo el costo de tratamiento de residuos y presentándolo como un fluido apto para el uso en otro proceso productivo.

El desarrollo del manual es un tema de investigación de interés para todos los sectores productivos que tengan o proyecten tener entre sus insumos el aceite dieléctrico vegetal, así mismo, se convierte en el primer documento técnico en abordar procedimientos de manejo que permitan aprovechamiento de éste después de finalizar su vida útil.

La reconversión tecnológica y el cambio de materias primas son mecanismos de producción más limpia (PML) utilizados por las empresas para dar cumplimiento a normas, convenios o tratados que establezcan la disminución de los impactos generados por la actividad productiva, es por eso que, la aplicación de una nueva tecnología debe contar con el manejo adecuado para prevenir que impacte negativamente al medio ambiente, y permita dar un impacto positivo, desde el aprovechamiento y/o reutilización de todos los residuos que se pudieran generar.

Algunas investigaciones en este campo abarcan la temática desde el marco experimental, lo que ha permitido el desarrollo de conceptos acerca del desempeño, técnico y ambiental que posee el aceite; sin embargo, ninguna se ha centrado en dar pautas que permitan un aprovechamiento óptimo, es éste, el factor diferenciador que existe entre el desarrollo de esta investigación y las investigaciones existentes en esta área.

Lo anterior reitera la importancia, novedad e intereses que representa el desarrollo de esta investigación para todos los sectores relacionados con el consumo, transporte, aprovechamiento y/o disposición del aceite dieléctrico vegetal.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual para el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la Costa Atlántica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar las características fisicoquímicas en común de los aceites dieléctricos vegetales Envirottemp FR3, MIDEL eN y BIOTEMP, a partir de sus fichas técnicas.

Establecer los procedimientos adecuados para el manejo del aceite dieléctrico vegetal antes y después de su uso; incluyendo la manipulación y el transporte.

Describir las condiciones ideales del sitio de almacenamiento temporal del aceite dieléctrico vegetal.

Proponer alternativas para el aprovechamiento y/o disposición final del aceite dieléctrico vegetal de acuerdo a la composición físico-química del mismo.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO DE ANTECEDENTES

Las investigaciones realizadas en relación al uso de los aceites dieléctricos vegetales en sistemas de distribución eléctrica se encuentran enfocadas mayormente en el estudio de sus propiedades físico-químicas, el desempeño en los equipos, pruebas piloto y en mostrar las ventajas que estos poseen frente a los ya conocidos aceites minerales. Los principales antecedentes en esta área y referentes metodológicos para esta investigación se describen a continuación:

Aplicación del aceite dieléctrico de origen vegetal en transformadores eléctricos.

(FERNANDO NAVAS, Diego. CADAVID RAMÍREZ, Héctor. ECHEVERRY IBARRA, Diego Fernando) 2012

El artículo muestra el desarrollo de la tecnología de aceites dieléctricos vegetales, desde su inicio hasta la actualidad, resaltando los aspectos más relevantes de la implementación de esta tecnología (propiedades físicas, químicas, eficiencia eléctrica y vida útil), al mismo tiempo toca ámbitos como la economía y abre la discusión a la viabilidad de producirlos en Colombia.

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un aceite dieléctrico de origen vegetal (FR3) utilizando en transformadores de distribución con miras a su recuperación y reutilización. Colombia, 2010. (GÓMEZ GÓMEZ, Neffer Arvey)

En esta investigación se evalúa principalmente las propiedades del aceite vegetal luego de ser usado en transformadores, se concluye que por sus características

físico-químicas puede ser aprovechado después de uso, mediante reacciones de transesterificación y saponificación para la elaboración de biodisel y jabón. Las pruebas realizadas brindan información sobre las características de estos productos y abre la posibilidad de aprovechamiento del aceite vegetal FR3 después de su uso.

Almacenaje y manipulación fluido Envirotemp FR3. (Cooper Power Systems)

Esta guía describe las medidas que se deben adoptar para conservar las características del fluido Envirotemp FR3, al mismo tiempo que resalta condiciones de seguridad durante el recibo del aceite, almacenamiento inicial y llenado de equipos.

Manual para el manejo integral de aceites lubricantes usados. Convenio 063 de 2005

El documento recopila definiciones, marcos conceptuales y normativos dentro de los cuales se plantea estrategias de manejo para los aceites lubricantes usados, éste es un documento realizado en colaboración del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, alcaldías y autoridades ambientales regionales y distritales.

4.2. MARCO CONCEPTUAL

Aceite dieléctrico⁶: líquido que posee características de aislamiento, refrigeración y protección de aislantes sólidos en transformadores u otros aparatos eléctricos, tienen alta resistencia a la oxidación y baja viscosidad. Según su origen, se pueden clasificar en:

⁶ MURILLO S., Jorge Enrique; MARCHENA P., Verny José. Estudio Básico de Contaminación en Aceites Dieléctricos Mediante Láser. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2006. Trabajo de Grado (Bachiller en Ingeniería Eléctrica). Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. Pág 8,9,10.

- **Minerales:** Son obtenidos a partir de derivados de petróleo.
- **Vegetales:** Son obtenidos a partir de semillas oleaginosas, como el girasol, soya y canola.
- **Bifelino Policlorado PCB:** Son hidrocarburos clorados, prohibidos desde 1976 debido a sus características tóxicas, biodegradabilidad nula y ser altamente contaminantes.
- **Siliconados:** Tienen como base polímeros, y presentan una resistencia al fuego mayor que los aceites dieléctricos minerales.

Acopio: “Acción tendiente a reunir productos desechados o descartados por el consumidor al final de su vida útil y que están sujetos a planes de gestión de devolución de productos posconsumo, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su recolección y posterior manejo integral.”⁷

Almacenamiento: “Es el depósito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento, y/o disposición final.”⁸

Almacenador: “Persona natural o jurídica que cuenta con los permisos requeridos por las autoridades competentes de conformidad con la normatividad vigente, y que en desarrollo de su actividad almacena y comercializa aceites usados.”⁹

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 4741. (30, Diciembre, 2005). Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá D.C: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Ministerio de Protección Social, Ministerio de Transportes Cap 1. p.1

⁸ *Ibíd.*,p.1.

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1446 de 5 de Octubre de 2005. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Art 1.p.1

Aprovechamiento y/o Valorización: “Es el proceso de recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos o desechos peligrosos, por medio de la recuperación, el reciclado o la regeneración.”¹⁰

Ecotóxico: Dentro de las características de los residuos peligrosos, dice que un residuo es ecotóxico cuando es “peligroso para el medio ambiente o bien se trata de residuos que presentan riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente”¹¹

Generador de residuo especial: Toda persona natural o jurídica, de carácter público o privado, que de origen a residuos como los contemplados en la definición de Residuos especiales¹².

Generación de residuos peligrosos: “Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Si la persona es desconocida será la persona que está en posesión de estos residuos. El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos del presente decreto se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia.”¹³

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 4741. Op. cit., p.1.

¹¹ ADS QUALITY, Enciclopedia del Medio Ambiente, Editorial Fundación Confemetal, 2002. p. 64

¹² COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Resolución 2309. (24, Febrero, 1986) Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del [Título III de la Parte 4a. del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974] y de los [Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979], en cuanto a Residuos Especiales. Bogotá D.C.: El Ministerio, Art 14.

¹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Decreto 4741. Op. cit., p.2.

Manejo Integral: “Es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final, importación y exportación de residuos o desechos peligrosos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales y/o permanentes que puedan derivarse de tales residuos o desechos”.¹⁴

Procesador o Tratador: “Persona natural o jurídica que debidamente autorizada por la autoridad ambiental competente recibe y trata aceites usados para transformarlos de residuos a productos para su adecuado aprovechamiento mediante procesos de combustión, re-refinanciación, producción de bases plastificantes o cualquier proceso aprobado mediante la Licencia Ambiental por la autoridad ambiental competente.”¹⁵

Rigidez dieléctrica: “Intensidad máxima de campo eléctrico que puede resistir un material dieléctrico sin que se presente una ruptura.”¹⁶

Residuos Especiales: “Se denominan Residuos Especiales, los objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan, descartan o rechazan y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables y los empaques y envases que los hayan contenido, como también los lodos, cenizas y similares. Parágrafo. Quedan incluidos en esta denominación,

¹⁴ Ibid., Cap 1. p. 2.

¹⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1446 de 2005, Op. cit. Art 1.p.2

¹⁶ CHENG, David K. Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería, México,1998.Addison Wesley Longman de México S.A de C.V. p.108

los residuos que en forma líquida o gaseosa se empaquen o envasen”.¹⁷

Toxicidad: “Capacidad para producir daño a un organismo vivo, en relación con la cantidad o dosis de una sustancia administrada o absorbida, la vía de administración y su distribución en el tiempo (dosis única o repetidas), tipo y severidad del daño, tiempo necesario para producir éste, la naturaleza del organismo afectado y otras condiciones intervinientes.”¹⁸

4.3. MARCO LEGAL

Para el desarrollo de esta investigación, se realizó un análisis de la normativa existente a nivel nacional e internacional relacionada con el manejo del aceite dieléctrico vegetal. Igualmente, se revisa la legislación concerniente al transporte, almacenamiento temporal, aprovechamiento y/o disposición final de los residuos en el país, teniendo en cuenta las características del fluido.

4.3.1. Normatividad Nacional.

El tema legal del manejo de los aceites usados en Colombia, inicia con el ratificado del Convenio de Basilea mediante la Resolución 253 de 1996, que acoge como desechos peligrosos, entre otros, a los aceites minerales no aptos para el uso al que están destinados, a las mezclas de desechos de aceites y agua, y a las sustancias que contengan o estén contaminados con bifenilos policlorados. En esta categoría quedan incluidos todos los aceites de origen mineral y, más adelante, en

¹⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD, Op. cit., p. 5.Art. 2, parágrafo.

¹⁸ REPETTO,Manuel. Toxicología Fundamental. Madrid,Tercera Edición. Ediciones Diaz de Santos S.A, 1997. p. 25

el país se generan decretos y resoluciones que establecen directrices para su transporte, acopio y disposición final. Por otra parte, mediante la ratificación del convenio de Estocolmo (Ley 1196 del 05 de junio de 2008), se acoge en Colombia el manejo para los compuestos orgánicos persistentes, entre ellos los PCB'S, en donde se incluyen a los aceites dieléctricos minerales. Hasta el momento, los aceites utilizados en transformadores de distribución eléctrica se disponen como residuos peligrosos, teniendo en cuenta, de igual forma, si contienen trazas de bifenilos policlorados.

Actualmente, en el país no existe una legislación específica dirigida hacia el tema de los aceites dieléctricos vegetales, pero de acuerdo a sus características una vez presentado como residuo, la norma que podría acogerse para su manejo y disposición es la concerniente a los residuos especiales, según el parágrafo del artículo 2 de la Resolución 2309 de 1986¹⁹ emitida por el Ministerio de Salud, que describe: “Quedan incluidos en esta denominación los residuos que en forma líquida o gaseosa se empaquen o envasen”. Esta norma define cuáles son los residuos especiales de acuerdo a sus características y determina el manejo de los mismos durante su transporte, almacenamiento y disposición final. La normatividad relacionada con el manejo integral del aceite dieléctrico vegetal presentado como residuo se describe a continuación:

¹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD, Op. cit., p.1. Art. 2, parágrafo.

Tabla 1. Matriz de Normatividad Nacional Relacionada con el Manejo del Aceite Dieléctrico Vegetal presentado como Residuo.

Matriz Legal - Normatividad Nacional			
<p>Resolución 2309 de 1986 "Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del [Título III de la Part 4a. Del Libro 1° del Decreto-Ley N.2811 de 1974] y de los [Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979], en cuanto a Residuos Especiales."</p> <p>Artículo 2 Parágrafo: "Quedan incluidos en esta denominación los residuos que en forma líquida o gaseosa se empaquen o envasen"</p>			
Ítem	Norma	Artículo	Descripción
Responsabilidades	Ley 9 de 1979	Artículo 31	Quienes produzcan basuras con características especiales en los términos que señale el Ministerio de Salud, serán responsables de su recolección, transporte y disposición final.
	Resolución 2309 de 1986	Artículo 18 y 19	Establece la responsabilidad del generador, éste podrá establecer contratos para el manejo de los residuos, pero se debe delimitar en el mismo las responsabilidades de cada una de las partes. El contratista deberá contar con las autorizaciones ambientales pertinentes, en todo caso la empresa contratante será responsable del cumplimiento de esta norma.
Presentación y Almacenamiento del Residuo	Resolución 2309 de 1986	Artículo 33, 34, 35, 37 y 38	Los recipientes para disponer los residuos deben ser herméticos, que no permita el ingreso de animales o sustancias ni el escape del residuo. El recipiente debe indicar el residuo que contiene (marca, color, etc.). Contar con una ruta de recolección de residuos. Los sitios de almacenamiento deben contar con características

			específicas como: iluminación, protección contra factores ambientales (aguas lluvias), señalización, pisos y paredes de material lavable, etc.
Transporte del Residuo	Resolución 2309 de 1986	Artículo 46, 47, 48, 50 y 51	Los vehículos que transporten residuos deberán contar con los acondicionamientos necesarios para evitar el derrame o esparcimiento de los mismos. Deberán estar identificados. Los vehículos deberán ser lavados y desinfectados luego de cada entrega de residuos. Las autoridades podrán impedir o negar la utilización de vehículos que incumplan con lo establecido en esta normatividad.

4.3.2. Normatividad Internacional.

Según Ocón V.²⁰, en las dos últimas décadas debido a la crisis petrolera y a la legislación ambiental emergente, a nivel mundial se ha dado inicio al uso de los aceites dieléctricos vegetales para sustituir los aceites dieléctricos minerales. Internacionalmente no existen documentos legales que regulen el manejo de estos después de su uso; sin embargo, se han generado documentos normativos que determinan las características físico-químicas que deben tener los aceites dieléctricos vegetales para su uso en transformadores. Por otra parte, los fabricantes de este producto ofrecen fichas de seguridad para el manejo del mismo.

²⁰ OCÓN V., Rodrigo. Sustitución de Aceite Vegetal en un Autotransformador de 230/115 KV, 25/33.33 MVA, en la subestación Irapuato II: Conferencia 04. En: EXPO-FORO ELÉCTRICO. (8º: 18 de Abril de 2012: Querétaro). p. 3.

Tabla 2. Matriz de normatividad internacional relacionada con el aceite dieléctrico vegetal

Norma	Descripción
ASTM D6871-03 (2008).²¹ Standard Specification for Natural Ester Fluids Used in Electrical Apparatus.	Se estandariza las características que debe tener el aceite dieléctrico vegetal a nivel mecánico, eléctrico y físico para su uso en aparatos eléctricos.
NMX - J 628 - 2010. Transformadores - Líquidos Aislantes - Ésteres Naturales	Esta norma mexicana establece requisitos aplicables a líquidos aislantes compuestos de ésteres naturales que se utilizan en transformadores y otros equipos eléctricos de potencia en los que en su diseño se consideran el uso de aceites dieléctricos vegetales. Los líquidos aislantes compuestos de ésteres naturales objeto de esta norma también se conocen como aceites vegetales. ²²
ABNT NBR 15422: 2006. Óleo vegetal aislante para equipamentos eléctricos.	Esta norma especifica el éster natural para su uso como dieléctrico y refrigeración en equipos eléctricos nuevos y usados tales como transformadores y equipos auxiliares, aislamiento de aceite vegetal y directrices para el envasado, el etiquetado, el almacenamiento y la manipulación. ²³
IEEE C57.147. IEEE. Guide for Acceptance and Maintenance of Natural Ester Fluids in Transformers	Esta guía recomienda pruebas y procedimientos de evaluación, así como los criterios y métodos de mantenimiento, para fluidos aislantes de transformadores basados en éster natural. Estos fluidos también se conocen como aceites de semillas

²¹ ASTM D6871-03 (2008). Standard Specification for Natural Ester Fluids Used in Electrical Apparatus. [En Línea]

²² ASOCIACIÓN DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN A.C. Suplemento al catálogo de normas 2010. CT 14 TRANSFORMADORES. SC 14 - LA. NMX J-628-ANCE-2010. TRANSFORMADORES-LÍQUIDOS AISLANTES-ÉSTERES NATURALES. p.2.

²³ ABNT CATÁLOGO. ABNT NBR 15422: 2006.

Norma	Descripción
	vegetales. Los métodos de reacondicionamiento de fluidos aislantes a base de ésteres naturales se describen también. Cuando las instrucciones dadas por el fabricante del transformador o líquido difieren de las que figuran en esta guía, las instrucciones del fabricante deben tener preferencia. ²⁴

4.4. MARCO TEÓRICO

Los aceites dieléctricos son elementos esenciales para los sistemas de transmisión y distribución de energía; en los transformadores son usados con fines aislantes y refrigerantes, ya que protegen el papel o celulosa del transformador²⁵ y evacuan el calor generado en el mismo, además, se presenta como un medio para determinar defectos en el transformador y en los componentes del sistema de aislamiento, realizando los análisis pertinentes²⁶. El uso de los aceites dieléctricos permite que las empresas generadoras de energía eléctrica garanticen un buen funcionamiento de los transformadores de distribución y/o potencia, que a su vez se reflejan en la calidad del servicio prestado al usuario final.

Convencionalmente los aceites dieléctricos empleados en transformadores son de origen mineral, los cuales brindan confianza al consumidor por su comprobada eficiencia en los equipos y durabilidad en tiempo de uso; sin embargo, a pesar de

²⁴ ABNT CATÁLOGO. IEEE C57.147-2008

²⁵ ENCUESTRO REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ "ERAC" (13: 24-28, Mayo, 2009: Puerto de Iguazú, Argentina). Mantenimiento Moderno en Transformadores de Potencia. Puerto de Iguazú: Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos "CIGRÉ", 2009. p. 2

²⁶ REIS TENAJAS, Pedro. Análisis del envejecimiento del aceite de un transformador mediante espectroscopia dieléctrica medida en baja frecuencia. Madrid, 2009. Trabajo de Grado (Ingeniería Técnica en Electricidad). Universidad Carlos III de Madrid. Facultad de Ingeniería Eléctrica. p. 9

su atractiva eficiencia en el proceso, los aceites minerales presentan como mayor desventaja el impacto negativo hacia el medio ambiente (por su baja biodegradación) y un bajo punto de inflamación²⁷, dichas características hacen que este tipo de aceite se presente como un riesgo hacia el medio ambiente y el ser humano durante su uso, transporte y disposición.

Por otro lado, existen en el mercado diferentes alternativas (Siliconas, Ésteres sintéticos y Ésteres naturales) para reemplazar el uso del aceite mineral en transformadores; sin embargo, aún sigue siendo atractivo por muchos por su ventaja técnico-económica, según CIGRÉ 2010²⁸ el aceite mineral sigue siendo el mayormente usado en la línea de transformadores. En general, las alternativas anteriormente mencionadas, son mayormente empleadas en condiciones que requieren alta seguridad ante incendios y protección ambiental.

Las desventajas del aceite mineral y el aumento del sentido de protección hacia el medio ambiente permitieron el desarrollo de productos que brindan eficiencia en el transformador, seguridad ante incendios y sobre todo disminución del impacto ambiental, que a su vez refleja menores costos de tratamiento del aceite y los equipos contaminados con este.

En el caso particular del éster natural o aceite vegetal, cuenta con características muy atractivas tanto técnicas²⁹ como ambientales y de seguridad; ya que las pruebas realizadas a aceites de distintos tipos de semillas demuestran excelentes propiedades dieléctricas³⁰; alto punto de inflamación ³¹ (menor riesgo a incendios)

²⁷ FERNANDO NAVAS, Diego. CADAVID RAMÍREZ, Héctor. ECHEVERRY IBARRA, Diego Fernando. Aplicación del aceite dieléctrico de origen vegetal en transformadores eléctricos. En: Ingeniería y Universidad. Vol. 16. No. 1. (Enero – Junio de 2012). ISSN 0123-2126

²⁸ CONSEJO INTERNACIONAL DE GRANDES SISTEMAS ELÉCTRICOS (CIGRÉ 2010). Experiences in service with New Insulating. París, 2010.

²⁹ OOMMEN, T. V; CLAIBORNE, C.C y WALSH,E.J Introduccion of a new fully biodegradable dielectric fluid. 1998 IEEE

³⁰ Ibid.,p.3,4

³¹ MIDELO® , MIDELO® eN: Mayor seguridad contra incendios. Julio de 2013.

y aproximadamente un 90% de biodegradabilidad ³²de sus componentes.

Esta tecnología tuvo sus primeros avances en 1999 a cargo de ABB, quienes desarrollaron el aceite vegetal BIOTEMP a base de aceite de girasol, y que en 2001 inicia su comercialización. Actualmente existen varias marcas registradas que están siendo comercializadas, entre ellas se puede mencionar el Envirotemp FR3, BIOVOLT, Midel eN, entre otros; todos se caracterizan por ser a base de semillas oleaginosas, y presenta ensayos que demuestran alta seguridad ante el fuego.

Teniendo en cuenta el uso de este tipo de aceites, su origen no permite clasificarlo como una sustancia peligrosa, ya que sus componentes son similares a los aceites comestibles, sólo difieren en que a los de uso dieléctricos se le agrega aditivos para mejorar su rendimiento. Es por ello, que se clasificaría como una sustancia y/o residuo especial, que por su uso industrial requiere criterios de aceptación que estandaricen las especificaciones para su uso en transformadores de distribución.

Internacionalmente, ASTM y la Asociación Brasileira de Normas técnicas ABNT en Sudamérica, han desarrollado documentos que trazan especificaciones técnicas para el uso de los aceites vegetales en transformadores eléctricos.

Entre los países que actualmente emplean esta tecnología³³ es posible mencionar a Estados Unidos, España, Canadá y Brasil; otros países que han desarrollado investigación en este ámbito son Malasia, Francia, Inglaterra y Austria. Por su parte, Colombia dio sus primeros avances con las investigaciones realizadas desde el año 2009 siendo pioneras la empresa Siemens Colombia 2010, y empresas electrificadoras financiadas por Colciencias como Empresas Públicas de Medellín EPM, esta última ha generado mucha atención en el uso de esta tecnología ya que

³² MIDELO, MIDELO eN: Mayor protección Medioambiental. Julio de 2012.

³³ FERNANDO NAVAS, Diego. CADAVID RAMÍREZ, Héctor. ECHEVERRY IBARRA, Diego Fernando. Aplicación del aceite dieléctrico de origen vegetal en transformadores eléctricos. En: Ingeniería y Universidad. Vol. 16. No. 1. (Enero – Junio de 2012). ISSN 0123-2126

la ha implementado en pruebas piloto y a su vez se muestra interesada en realizar una reconversión tecnológica próximamente. En Colombia, sólo se tiene evidencia investigativa del uso del aceite dieléctrico vegetal en pruebas pilotos desarrolladas por la universidad del Valle, donde presentan diferentes alternativas para el aprovechamiento del aceite como residuo, de acuerdo a sus características físico-químicas³⁴.

El avance de esta tecnología, su eficiencia y los beneficios que provee al medio ambiente también puede ser atractiva para su implementación en las redes de distribución de la Costa Atlántica, es por ello que se requiere obtener medidas para dar un manejo integral, entre las cuales se contemplen alternativas de aprovechamiento y/o disposición del mismo, obteniendo así una guía que pauté el uso responsable de esta sustancia.

³⁴ GÓMEZ GÓMEZ, Neffer Arvey. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un aceite dieléctrico de origen vegetal (FR3) utilizando en transformadores de distribución con miras a su recuperación y reutilización. Cali, 2010. Universidad del Valle

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación es de tipo cualitativa aplicada, por lo que se refiere a dar soluciones que sean aplicadas a la situación problema desde el método inductivo. Se busca, a partir de la observación, proponer condiciones generales que permitan cumplir el objetivo planteado; basándose en las propiedades del aceite dieléctrico vegetal descritas por sus fabricantes y en las consideraciones ambientales necesarias para su manejo durante su transporte, uso, almacenamiento temporal, aprovechamiento y/o disposición final.

La investigación contará con tres etapas relacionadas entre sí: recolección de información, análisis de la información y diseño del manual para el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales.



Ilustración 1. Etapas de la investigación.

5.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Durante esta primera etapa se realizarán actividades correspondientes a la búsqueda de información en fuentes primarias, secundarias, y mediante visitas de campo, esto para tener amplio conocimiento sobre el estado del arte en el área local, nacional e internacional.

- **Fuente primaria:** Esta corresponde a la información y conocimientos adquiridos en las visitas realizadas a la empresa Electricaribe S.A E.S.P. y a los sitios de almacenamiento actual de los transformadores nuevos y usados. Igualmente se incluyen entrevistas realizadas a actores del sector de transporte y aprovechamiento de aceites vegetales comestibles. Los principales instrumentos de recolección de información fueron: entrevistas abiertas, listas de chequeo y registros fotográficos.
- **Fuente Secundaria:** Esta corresponde a la información ofrecida en bases de datos especializadas, la web, artículos científicos, resúmenes de investigaciones realizadas en el continente americano y Colombia, trabajos de grados, fichas técnicas y de seguridad de las diferentes marcas de aceite dieléctrico vegetal en el mercado, normativa para este tipo de sustancias, y sus respectivos residuos, como también la recibida por la empresa de energía eléctrica Electricaribe S.A E.S.P.

5.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se analizará el contenido de la información recolectada y referenciada, con el fin de realizar una revisión total y adquirir de ella definiciones y conceptos que luego se convertirán en pilares para la formulación de directrices, guías o proposiciones acerca del manejo y disposición del aceite vegetal.

- Se analizará el contenido de la revisión bibliográfica correspondiente a las fichas técnicas y de seguridad de las marcas: Envirotemp FR3, BIOTEMP, MIDEL eN, que comercializan este tipo de aceites, y se determinarán las características físico-químicas en común de este fluido.
- Teniendo en cuenta procedimientos descritos para el tratamiento de aceites con características similares, se plantearán medidas de manejo para el aceite dieléctrico vegetal, en base a la metodología usada para planes de manejo de otro tipo de residuos, donde se incluyen medidas para su transporte, uso, almacenamiento temporal, aprovechamiento y/o disposición final.
- Se propondrán opciones de aprovechamiento de acuerdo a las pruebas pilotos realizadas por la Universidad del Valle para la reutilización del aceite dieléctrico vegetal, los procesos realizados actualmente para el reuso de aceites vegetales comestibles y a la información que se obtendrá en las visitas a campo y entrevista a actores involucrados en el manejo de aceites vegetales comestibles.
- Se realizará la identificación de los impactos ambientales que pudieran generarse durante el transporte, uso, almacenamiento temporal, aprovechamiento y/o disposición final, para la priorización de etapas que requieren mayores medidas de manejo, de acuerdo a los resultados obtenidos.

5.3. DISEÑO DEL MANUAL

En esta fase se inicia la redacción del manual, de acuerdo a los lineamientos establecidos durante las etapas anteriores, a la bibliografía obtenida y al análisis de la información realizado, teniendo como guía manuales de manejo de otro tipo de residuos e igualmente las guías ambientales descritas en las fichas técnicas de los aceites dieléctricos vegetales: Envirotemp FR3, BIOTEMP y MIDEL eN. Finalmente, se redacta un manual para el manejo integral del aceite dieléctrico vegetal

abarcando el ciclo de su vida útil, estableciendo opciones de aprovechamiento y/o disposición final de acuerdo a las características físico-químicas del mismo.

6. RESULTADOS

6.1. DIAGNÓSTICO

Encierra la evaluación previa de los aspectos más importantes que deben considerarse para el manejo integral del aceite dieléctrico vegetal, con base en las características físico-químicas del mismo, tomando como referencia las fichas técnicas de los aceites dieléctricos vegetales Envirotemp FR3, BIOTEMP y MIDEL eN, igualmente, medidas de seguridad ante el medio, y la identificación de los impactos ambientales que pueden ocasionar el uso inadecuado de este fluido.

6.1.1. Características en común de los aceites dieléctricos vegetales: Envirotemp FR3, BIOTEMP y MIDEL eN.

Teniendo en cuenta las propiedades en común de los aceites dieléctricos vegetales: Envirotemp FR3, BIOTEMP, MIDEL eN, se desarrolla una comparación de las principales características de estas sustancias.

6.1.1.1. Origen.

Proviene de semillas oleaginosas, entre las cuales se resaltan los granos de girasol, soya y canola; su origen vegetal garantiza que este tipo de aceite esté libre de componentes siliconados, halógenos o cualquier derivado del petróleo.

Tabla 3. Origen de aceites dieléctricos vegetales

Aceite	Origen
Envirotemp FR3	Soya, canola y girasol
BIOTEMP	Soya, canola y girasol
Midel eN	Soya, canola y girasol

6.1.1.2. Biodegradabilidad.

Los ensayos de biodegradabilidad realizados por las distintas compañías se llevaron a cabo mediante métodos de ensayo reconocidos y aprobados internacionalmente.

Tabla 4. Biodegradabilidad de aceites dieléctricos vegetales

Aceite	Método	Resultado
Envirotemp FR3	EPA OPPTS 835.3100	100%
BIOTEMP	NR	97%*
Midel eN	OCDE 301F	94%

*% de biodegradabilidad en 21 días. NR: No referencia el método.

Los métodos de ensayo empleados por los fabricantes, se relacionan a continuación:

- EPA OPPTS 835.3100. La Oficina de Seguridad Química y Prevención de la Contaminación OPPTS, por sus siglas en inglés, establece una serie de directrices para las pruebas de pesticidas y sustancias tóxicas, la 835.3100

es la empleada para determinar la biodegradabilidad en medios acuáticos aeróbico.

- OCDE 301 F. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, describe métodos que permiten la proyección de los productos químicos de fácil biodegradabilidad en un medio acuoso aeróbico. El literal F, aplicado corresponde al método respirométrico barométrico.

6.1.1.3. Rigidez Dieléctrica.

Esta propiedad, se entiende como la capacidad de resistencia a una tensión eléctrica, sin que el material pierda sus propiedades aislantes. El aceite dieléctrico de origen vegetal demuestra tener rigidez dieléctrica apropiada para el uso en transformadores, incluso mayor que la del aceite mineral.

Tabla 5. Rigidez dieléctrica de aceites dieléctricos vegetales

Aislante	Rigidez dieléctrica (kV)	Método
BIOTEMP®	48	ASTM D877
Envirotemp FR3	56	ASTM D1817
MIDEL eN	>75	-
Mineral	30	No disponible

∴ la ficha técnica no reporta esta información.

6.1.1.4. Punto de Inflamación y Combustión.

Tabla 6. Punto de inflamación y combustión de aceites dieléctricos vegetales

Aislante	Punto de Inflamación °C	Método	Punto de Combustión °C	Método
BIOTEMP®	330	-	360	ASTM D92
Envirotemp FR3	330	ASTM D92 (Vaso Abierto)	360	ASTM D92
Envirotemp FR3	316	ASTM D93 (Vaso Cerrado)	-	ASTM D93
MIDEL eN	327	ISO 2592	360	ASTM D92
Mineral	160	-	180	-

-: la ficha técnica no reporta esta información.

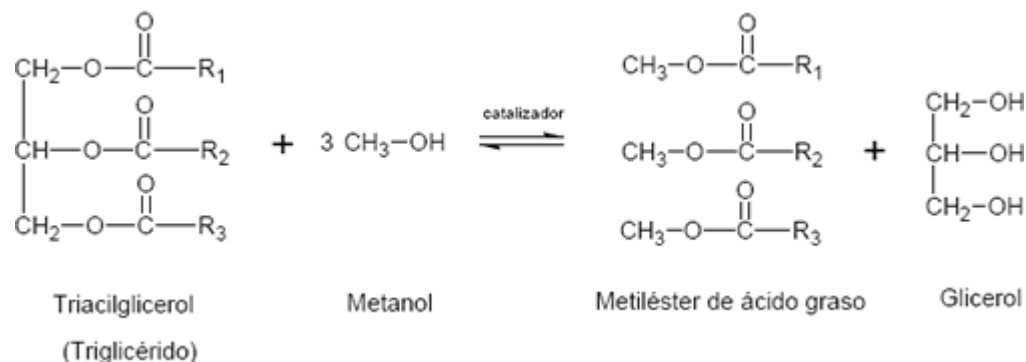
6.1.2. Opciones de aprovechamiento y/o disposición final del aceite dieléctrico vegetal.

Los aceites de origen vegetal han demostrado tener propiedades que permiten su reutilización, convirtiéndose en materia prima para la generación de nuevos productos, ejemplo de ello es el aprovechamiento del aceite vegetal usado (AVU), en donde éste es recolectado con el objetivo de alargar la vida útil del mismo, pero esta vez, en otro proceso productivo. Cabe resaltar que se toma como referente los AVU debido a que poseen el mismo origen y características similares a los aceites dieléctricos de origen vegetal.

Los principales productos que se pueden elaborar a partir del reciclaje de este tipo de aceite son:

a) Biodiesel

El biodiesel es definido por la ASTM como "ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales o grasas animales", este es un combustible alternativo cuyo principio químico consiste en extraer la glicerina del aceite mediante un proceso de transesterificación, el cual da como resultado ésteres alquílicos de ácidos grasos (biodiesel), y glicerina, estos productos se dan por la reacción entre un aceite y un alcohol.



Fuente: Manual de Biocombustibles IICA-ArpeI.

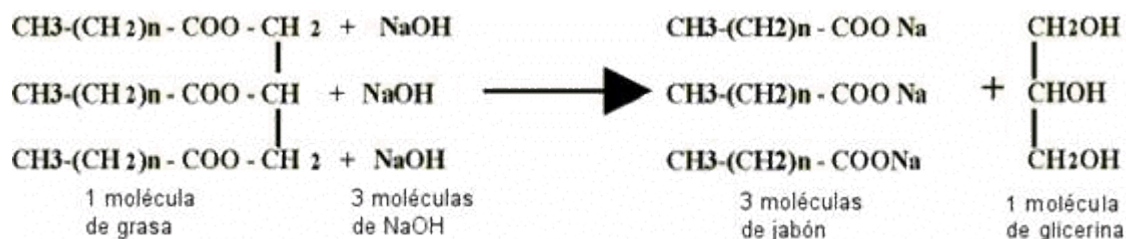
<http://books.google.com.co/books?id=a2HH8c2IDUYC&pg=PA1&dq=reaccion+del+biodiesel&hl=es&sa=X&ei=NOK6VLzZNsrJgwTOiIEo&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=reaccion%20del%20biodiesel&f=false>

Ilustración 2. Reacción química del Biodiesel

El biodiesel, puede ser empleado como adición a los combustibles tradicionales o usados como combustible en un 100%, la glicerina por su parte, posee gran demanda a nivel industrial por su amplio uso, lo que representa un aprovechamiento total del residuo.

b) Jabón

La elaboración de jabón mediante aceites vegetales se realizan mediante el proceso de saponificación, este consiste en hacer reaccionar el aceite vegetal usado con soda cáustica (NaOH), su reacción tienen como producto glicerina más sales de ácidos grasos (Jabón). Este es un proceso que se puede llevar a cabo con cualquier tipo de triglicérido, sea nuevo o usado.



Fuente: T.A.Geisman. Principios de química orgánica. Tercera Edición Ed. Reverté S.A. Pág. 48.[En Línea]

<http://books.google.com.co/books?id=msYg6lgMFU8C&pg=PA408&dq=reacci%C3%B3n+de+saponificaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ei=Dfc6VKDwC86QgwTNTnD4Aw&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=reacci%C3%B3n%20de%20saponificaci%C3%B3n&f=false>

Ilustración 3. Reacción química de la saponificación

Los aceites dieléctricos vegetales brindan características que permiten su aprovechamiento después de su uso En Colombia, Gómez Gómez³⁵ realizó ensayos al Envirottemp FR3 el cual había sido usado en transformadores en un tiempo no mayor a 7 años, los resultados fueron positivos y abren la posibilidad de aprovechamiento del aceite dieléctrico vegetal, presentado como residuos, para la producción de biodiesel y jabón.

³⁵ Ibid.

6.1.3. Responsabilidades de los actores involucrados en el manejo de los aceites dieléctricos vegetales usados

De acuerdo al Artículo 31 de la Ley 9 de 1979, el generador de residuos especiales es responsable en su totalidad del manejo de los mismos, el alcance de la responsabilidad establecida por esta norma involucra las siguientes tres fases: recolección, transporte y disposición final. Según lo anterior, el generador del aceite dieléctrico vegetal usado, será responsable de su manejo desde que se produce hasta que se disponga o aproveche.

Por otro lado, la Resolución 2309 de 1986 en el artículo 18, establece que el generador de residuos especiales tiene la opción de contratar el manejo de los mismos de modo parcial o total, sin embargo, el artículo 19 cita: *“En el contrato o contratos a los que se refiere el artículo anterior deberá estipularse claramente el tipo o tipos de actividades a realizar por el contratista y las obligaciones y responsabilidades por cada una de las partes en lo que se refiere al cumplimiento de las disposiciones de esta resolución”*, en este sentido, el generador puede contratar un gestor para el manejo de los residuos en cada fase; sin embargo, sigue siendo total responsable de las acciones que se generen con sus residuos, según lo descrito en los párrafos 1 y 2 del Artículo 19 de la Resolución 2309 de 1986, en donde se determina, que el generador debe asegurarse que su contratista designado para el manejo de los residuos especiales cuente con los permisos y/o registros ambientales y sanitarios necesarios para ejercer tal actividad.

En síntesis, dentro del manejo de los residuos especiales se establece al generador como primer actor implicado y total responsable de sus residuos ante las autoridades sanitarias y ambientales. Por otra parte, los contratistas designados por

el generador para la gestión de algunas de las fases involucradas dentro del marco del manejo de los residuos especiales, se hacen responsables de su gestión de acuerdo a lo estipulado en el contrato firmado con el contratante, quien a su vez es responsable de verificar que sus contratistas cuenten con las licencias, autorizaciones y/o permisos necesarios para ejercer su actividad. Así, por ejemplo, el contratista designado para el transporte del aceite dieléctrico vegetal usado debe cumplir con los permisos y adecuaciones necesarias para ejercer su actividad, siendo algunas de estas la identificación y acondicionamiento de los vehículos.

En la **Tabla 7** se relacionan los actores involucrados en cada fase del manejo de los aceites dieléctricos vegetales usados y las actividades correspondientes a su gestión, como también las condiciones con las que deben cumplir de acuerdo a su actividad. Cabe resaltar que esta descripción se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2309 de 1986, por medio de la cual se dictan normas en cuanto al manejo de los residuos especiales, dentro de los cuales se incluyen los aceites dieléctricos vegetales de acuerdo a lo expuesto en la sección 4.3.1 del presente documento; y las actividades desarrolladas por la Empresa Electricaribe S.A. E.S.P durante el manejo de los transformadores de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral, que se presenta más adelante en la **Tabla 8** del presente documento.

Tabla 7. Actores involucrados en el manejo de los aceites dieléctricos vegetales usados.

Fase	Actor Involucrado	Actividad	Normatividad	Condiciones
Transporte	Generador y Contratista (cuando haya lugar)	<ul style="list-style-type: none"> - Movilización de los aceites dieléctricos vegetales usados de su lugar de generación a su lugar de acopio. - Movilización de los aceites dieléctricos vegetales usados de su lugar de acopio a su lugar de disposición final. 	Resolución 2309 de 1986. Artículo 41, 46, 47, 48, 49, 50 y 51	<ul style="list-style-type: none"> - Los vehículos que transporten el aceite dieléctrico vegetal usado deben contar con autorización sanitaria, para lo cual deben tener registro ante el Servicio Seccional de Salud o la Secretaría de Salud de su jurisdicción.(Art. 41, 42 y 43) - Los vehículos debe contar con el acondicionamiento adecuado para evitar el derrame del aceite dieléctrico vegetal. (Art. 46) - Los vehículos deben contar con identificación visible para fácil control de acuerdo a lo establecido por el Consejo Nacional de Seguridad. (Art. 47) - El generador del aceite dieléctrico vegetal usado o su contratista, deben capacitar a los conductores acerca del residuo que transportan, como también de las medidas de prevención y de las que sean necesarias de tomar en casos de accidentes.(Art. 49) - Los conductores deberán entregar el aceite dieléctrico vegetal usado solamente en sitios que tengan autorización sanitaria. (Art. 50) - Los vehículos que transporten el aceite dieléctrico vegetal deberán ser lavados y desinfectados después de cada entrega de estos y antes de cada carga.(Art. 51)

Fase	Actor Involucrado	Actividad	Normatividad	Condiciones
Recolección	Generador	<ul style="list-style-type: none"> - Acopio de los aceites dieléctricos vegetales usados. - Ubicación de los aceites dieléctricos vegetales usados en el área de almacenamiento temporal. 	Resolución 2309 de 1986. Artículo 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37 y 38	<ul style="list-style-type: none"> - Para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal usado se debe tener autorización sanitaria, para esto se debe contar con registro ante el Servicio Seccional de Salud o la Secretaría de Salud de su jurisdicción. (Art. 30, 31 y 32) - El aceite dieléctrico vegetal usado y almacenado debe estar empacado adecuadamente según sus características físicas o químicas de cantidad, volumen o peso (Art. 33) - Los recipientes para la contención del aceite dieléctrico vegetal usado deben ser herméticos, impidiendo el escape del mismo y el ingreso de animales, insectos y agua. Igualmente, estos recipientes deben contar con identificación indicando su contenido y con símbolo de acuerdo a las normas del Consejo Nacional de Seguridad. Por otra parte, los recipientes deben resistir la tensión por el residuo que contienen y por su manipulación, de igual manera, no provocar reacciones con el aceite dieléctrico vegetal usado, causado por la clase de material del que están elaborados o contruidos (Art. 34) - Para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal usado se debe estimar la capacidad de almacenamiento basado en la generación y la frecuencia de evacuación, adicionando un porcentaje, teniendo en cuenta las posibles fallas que se pudieran presentar (art. 36). - Se debe contar con una ruta interna para el manejo del aceite dieléctrico vegetal teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Fase	Actor Involucrado	Actividad	Normatividad	Condiciones
				<p>a) El recorrido entre el área de almacenamiento y el sitio de entrega sea lo más corto posible.</p> <p>b) En el recorrido se debe evitar el paso por zonas de alto riesgo para la salud humana.</p> <p>c) El recorrido se debe mantener limpio y desinfectado (Aplica cuando por las características del residuo se requiera).(Art. 37)</p> <p>- El sitio de almacenamiento temporal debe cumplir con unos requisitos ya establecidos, entre los que están:</p> <p>a) Tener iluminación y ventilación naturales.</p> <p>b) Tener capacidad suficiente para contener los residuos que se espera almacenar, más lo previsto para casos de acumulación o incrementos en producción.</p> <p>c) Estar señalizado con indicaciones para casos de emergencia y prohibición expresa de entrada a personas ajenas a la actividad de almacenamiento.</p> <p>d) Estar ubicado en lugar de fácil acceso y que permita evacuación rápida en casos de emergencia.</p> <p>e) Estar provisto de elementos de seguridad que se requieran según las características de los residuos a contener.</p> <p>f) Tener dotación de agua y energía eléctrica.</p> <p>g) Tener los pisos, paredes, muros y cielo rasos, de material lavable y de fácil limpieza, incombustibles, sólidos y resistentes a factores ambientales.</p> <p>h) Tener pisos con pendiente, sistema de drenaje y rejilla, que permitan fácil lavado y limpieza.</p> <p>i) Tener protección contra artrópodos y roedores.</p> <p>j) Tener limpieza permanente y desinfección, para evitar</p>

Fase	Actor Involucrado	Actividad	Normatividad	Condiciones
				<p>olores ofensivos y condiciones que atenten contra la estética y la salud de las personas.</p> <p>k) Tener protección contra factores ambientales, en especial contra aguas lluvias.</p> <p>l) Cumplir con las exigencias de los Decretos 02 de 1982 y 2206 de 1983 sobre emisiones atmosféricas, 1594 de 1984 sobre Usos del Agua y Residuos Líquidos y los demás reglamentos que lo sustituyan, modifiquen o complementen.</p>
Disposición Final	Generador y Contratista (cuando haya lugar)	- Tratamiento o aprovechamiento de los aceites dieléctricos vegetales usados.	Resolución 2309 de 1986. Artículo 53, 54, 55 y 56.	<p>Nota: En caso de que el aceite dieléctrico vegetal usado no pueda ser aprovechado en alguno de los procedimientos descritos en el ítem 6.1.2 del presente documento, por sus características físico-químicas resultantes, deberá ser dispuesto como residuo especial o peligroso (en caso que cuente con trazas de PCB, aceite mineral o agua) guiándose de los aspectos establecidos en la Resolución 2309 de 1986, nombrados a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se dispone para ser tratado, la planta de tratamiento debe contar con autorización sanitaria. Para lo cual debe contar con el registro ante el Servicio Seccional de Salud o la Secretaría de Salud de su jurisdicción. (Art. 53, 54 y 55) - Las plantas de tratamiento de residuos especiales además deben deberá cumplir, además, con las disposiciones pertinentes de los Decretos 02 de 1982, 1594 de 1984, 2206 de 1984 y los que los sustituyan, modifiquen o complementen. (Art. 56)

6.1.4. Condiciones de manejo actual de los transformadores de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la empresa Electricaribe S.A. E.S.P.

Electricaribe S.A. E.S.P. es la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en gran parte de la Región Caribe Colombiana, por tal motivo, en esta investigación se toma como referencia el manejo que esta da actualmente en la ciudad de Barranquilla a los Transformadores de Distribución Eléctrica Inmersos en Aceite Mineral, a los que en el presente documento se les denominará: TDEM.

El alcance del servicio prestado por Electricaribe S.A. E.S.P. en materia del manejo de los TDEM, abarca en general las actividades presentadas en la **Tabla 7.**, de acuerdo a la información resultante de la entrevista realizada a un funcionario de Electricaribe S.A. E.S.P (**Anexo 2**).

Tabla 8. Actividades desarrolladas por Electricaribe S.A. E.S.P. durante el manejo de los TDEM.

Ítem	Actividad	Responsable
1	Recepción de los TDEM nuevos	Electricaribe S.A. E.S.P. y Contratista
2	Almacenamiento temporal de los TDEM nuevos	Electricaribe S.A. E.S.P.
3	Distribución de los TDEM nuevos al sitio de uso	Electricaribe S.A. E.S.P.
4	Mantenimiento de los TDEM en uso	Electricaribe S.A. E.S.P.
5	Recepción de los TDEM usados	Electricaribe S.A. E.S.P.
6	Almacenamiento de los TDEM dañados	Electricaribe S.A. E.S.P.
7	Revisión de los TDEM dañados	Electricaribe S.A. E.S.P. y Contratista

Ítem	Actividad	Responsable
8	Arreglo de los TDEM dañados con posibilidades de recuperación	Electricaribe S.A. E.S.P. y Contratista
9	Disposición final de los TDEM dañados sin posibilidad de recuperación	Electricaribe S.A. E.S.P. y Contratista

Para determinar las condiciones actuales que brinda la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en la región caribe (Electricaribe S.A. E.S.P.) para el almacenamiento de los TDEM nuevos y usados en la ciudad de Barranquilla, se realizó una visita a la Subestación el Oasis de Electricaribe S.A. E.S.P, durante la visita se llenó un Check List para establecer las condiciones propias del sitio (**Anexo 3.**). Por otro lado, para determinar el manejo dado a los TDEM por la empresa prestadora del servicio energía eléctrica durante el cambio de transformadores en la zona de uso, se observó un caso específico de desinstalación e instalación de transformadores. A continuación se describe lo observado durante la visita a la Subestación y el caso de cambio de transformador en la zona de uso.

6.1.4.1. Zona de almacenamiento temporal de transformadores nuevos de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la subestación el oasis de Electricaribe S.A. E.S.P.

Durante la visita de campo se recorrió la zona de almacenamiento de los TDEM nuevos. De acuerdo a lo observado, se resaltan las características más importantes del sitio descritas a continuación:

- Es un área al aire libre
- No posee protección contra aguas lluvias
- No cuenta con protección para evitar el ingreso de vectores (animales roedores, perros, insectos, etc.)

- No posee sistemas cercanos para el control de incendios
- La zona se encuentra debidamente señalizada
- Se cuenta con plataformas para cada transformador evitando el contacto directo con el suelo.
- Algunos transformadores cuentan con guacal de madera
- No se cuenta con sistema de contención de derrames

En general, la Subestación el Oasis de Electricaribe S.A. E.S.P. cuenta con un área establecida para el almacenamiento de los TDEM nuevos debidamente señalada, éste es un sitio transitorio para el recibimiento de los transformadores y su posterior distribución al sitio de uso. Las fotos tomadas durante el recorrido, correspondientes a esta zona, se relacionan en la **Ilustración 4**.



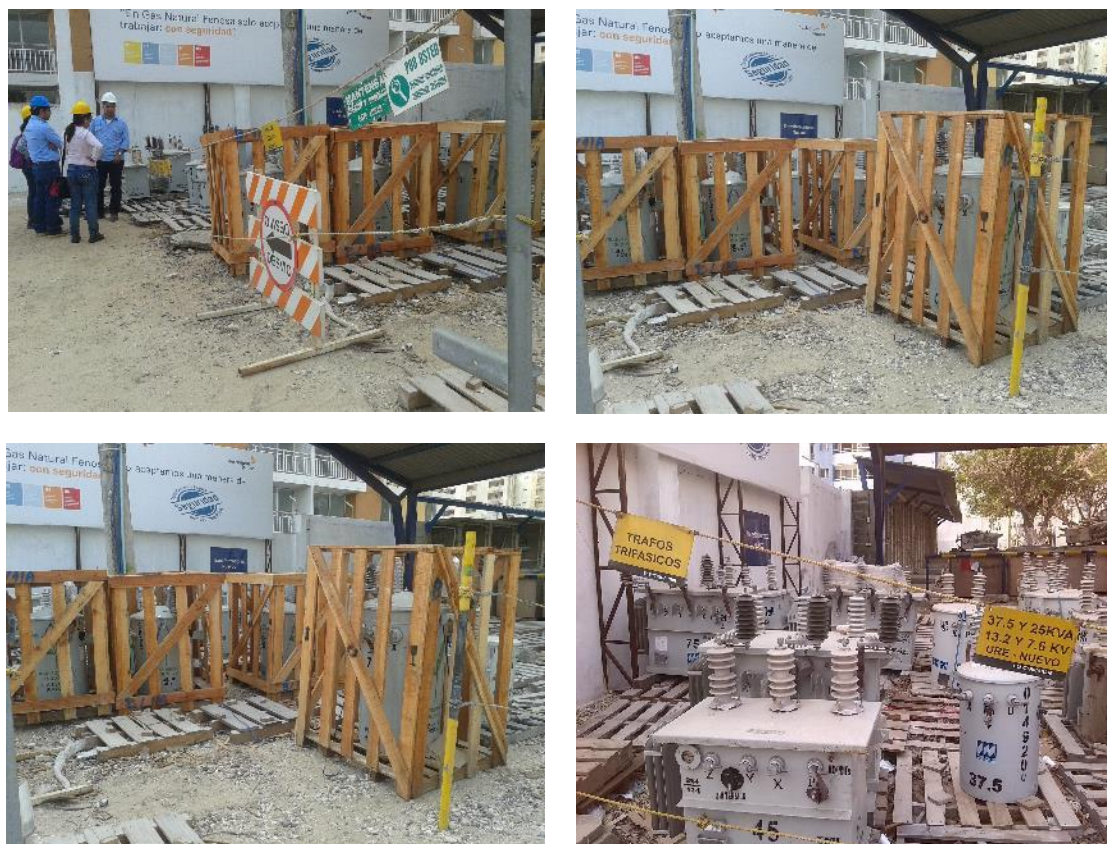


Ilustración 4. Área Actual de Almacenamiento Transformadores Nuevos

6.1.4.2. Zona de almacenamiento temporal de transformadores usados de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral de la subestación el oasis de Electricaribe S.A. E.S.P.

En la Subestación el Oasis de la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en Barranquilla Electricaribe S.A. E.S.P., se cuenta con una infraestructura para el almacenamiento temporal de los TDEM usados. Los transformadores una vez averiados son recogidos del sitio de uso y trasladados a la zona de almacenamiento temporal de TDEM usados, luego, son revisados para determinar si existe alguna posibilidad de reparación para continuar en operación o si definitivamente no es apto para su uso, en caso de que se dé esta última, los TDEM

usados son dispuestos como residuos peligrosos, enviándolos fuera de Colombia para su disposición final, en caso contrario son reparados y puestos nuevamente en operación. Esta actividad de verificación del funcionamiento del transformador y disposición final del mismo no son realizadas por Electricaribe directamente, la empresa cuenta con un gestor encargado para cada actividad anteriormente nombrada.

Las características del sitio de almacenamiento temporal de los TDEM usados en la Subestación el Oasis de Electricaribe S.A. E.S.P. se describen a continuación:

- Es una infraestructura semicerrada
- Cuenta con cubrimiento parcial para protección contra aguas lluvias
- Cuenta con aislamiento parcial para evitar el ingreso de vectores (animales roedores, perros, insectos, etc.)
- Cuenta con piso y paredes lavables
- Posee sistema de recolección de aceite
- No cuenta con iluminación artificial
- No posee sistemas cercanos para el control de incendios
- Durante la visita no se observó orden y aseo en el área de almacenamiento
- No cuenta con señalización

En general, el área de almacenamiento temporal de TDEM usados de la Subestación el Oasis de Electricaribe S.A. E.S.P. cumple algunas de las características establecidas para los sitios de almacenamiento de residuos en la Norma Técnica Colombiana GTC 24. Las fotos tomadas durante el recorrido, correspondientes a esta zona, se relacionan en la **Ilustración 5**.



Ilustración 5. Área actual de almacenamiento transformadores usados

6.1.4.3. Caso específico de desinstalación e instalación de transformadores de distribución eléctrica inmersos en aceite mineral por Electricaribe S.A. E.S.P. en zona de uso.

Para determinar las características del servicio prestado por Electricaribe S.A E.S.P. durante la desinstalación e instalación de un TDEM en su lugar de uso, se observó un caso específico en un sector de la ciudad de Barranquilla. Se resalta que en esta actividad no se contó con acompañamiento de personal de Electricaribe S.A. E.S.P., y que fue un caso típico de cambio de transformador presentado en una comunidad. El alcance de la actividad anteriormente nombrada, se basó en determinar las acciones ejecutadas por la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica durante el cambio de transformadores, y las variables involucradas en la realización del servicio que tienen incidencia en el adecuado desarrollo del mismo, las cuales se describen en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Acciones ejecutadas por Electricaribe S.A. E.S.P. durante la desinstalación e instalación de un TDEM en su lugar de uso (Caso específico sector de Barranquilla)

Ítem	Acción
1	Llegada de vehículos y TDEM nuevo a la zona de trabajo
2	Instalación y/o preparación de equipos a utilizar para la desinstalación del transformador TDEM averiado e instalación del TDEM nuevo
3	Desinstalación del TDEM averiado
4	Ubicación del TDEM viejo en el vehículo transportador
5	Instalación del TDEM nuevo
6	Recolección de equipos usados para la desinstalación del transformador TDEM averiado e instalación del TDEM nuevo
7	Salida de vehículos y TDEM viejo

De lo observado durante el cambio de los transformadores, se puntualiza las características listadas a continuación, en materia al manejo de los residuos

peligrosos:

- El personal cuenta con los elementos de protección personal (EPP) requeridos para esta actividad.
- El carro transportador del TDEM averiado cuenta con las señalizaciones requeridas para transportar residuos peligrosos.
- El TDEM viejo se encontraba sujeto al camión.

En la **Ilustración 6** se relacionan las fotos tomadas durante el desarrollo de esta actividad.





Ilustración 6. Caso específico de desinstalación e instalación de transformadores

6.1.5. Identificación de Riesgos Ambientales.

Se trabaja con la matriz de Vester³⁶ (Ver Anexo 1) para realizar un análisis en conjunto de los problemas ambientales que se podrían presentar por el manejo del aceite dieléctrico vegetal durante su transporte, uso y almacenamiento temporal; lo que permitirá conocer sus relaciones y el grado de dependencia o influencia que

³⁶ CUTHBERT C., Jojo. Aplicación de la Matriz de Vester. Plusformación. [En Línea]. (Citado el 16 de Diciembre de 2013)

poseen entre sí³⁷. Inicialmente se identificaron los problemas a evaluar haciendo uso de la técnica de lluvia de ideas; teniendo en cuenta los fenómenos, hechos o circunstancias que determinan la aparición de una situación calificada como problema. Las variables identificadas son las listadas a continuación:

- Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante el transporte del transformador hacia su sitio de instalación y uso.
- Contacto del aceite dieléctrico vegetal con elementos del medio ambiente.
- Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante su uso en los transformadores de distribución eléctrica.
- Insatisfacción en la comunidad receptora del servicio ante el evento de un derrame.
- Derrame en el sitio de almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso.
- Ausencia de instalaciones adecuadas para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso.
- Alteración de las características físico-químicas del aceite dieléctrico vegetal.
- Contacto del aceite dieléctrico vegetal con otras sustancias.
- Estado inapropiado del aceite dieléctrico vegetal para su posible aprovechamiento final.

Estos problemas se sistematizan para obtener una idea más clara del significado de los mismos, utilizando una matriz de descripción de problemas (**Tabla 10**).

Tabla 10. Matriz de descripción de problemas

³⁷ CANDAMIL C., Maria del Socorro y LÓPEZ B., Mario Hernán. Los Proyectos Sociales una Herramienta de la Gerencia Social: Guía para la identificación, formulación, evaluación y puesta en marcha. Manizales: Editorial Universidad de Caldas, 2004. p. 32.

MATRIZ DE DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS	
PROBLEMA	DESCRIPCIÓN
(Situación de insatisfacción o indeseada)	(Significado)
Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante el transporte del transformador hacia su sitio de instalación y uso.	Situación eventual causada bien sea por agentes externos como por ejemplo accidentes en la vía, o por agentes internos como fallas en el vehículo o en el aislamiento del transformador.
Contacto del aceite dieléctrico vegetal con elementos del medio ambiente.	Ocasionada por la ausencia de un adecuado aislamiento o cubrimiento del aceite dieléctrico vegetal.
Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante su uso en los transformadores de distribución eléctrica.	Situación eventual en la que intervienen los mantenimientos periódicos realizados a los transformadores, los fenómenos naturales y las acciones de la comunidad, entre otros.
Insatisfacción en la comunidad receptora del servicio ante el evento de un derrame.	Se genera por el servicio de atención otorgado por la empresa prestadora del servicio, teniendo en cuenta las acciones realizadas durante y después del evento.
Derrame en el sitio de almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso	Situación eventual en la que intervienen factores como: recipiente contenedor, fenómenos ambientales y técnicas de manejo.
Ausencia de instalaciones adecuadas para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso	Falta de conocimiento en los manejos adecuados de los residuos o ausencia de una adecuada inversión económica.
Alteración de las características físico-químicas del aceite dieléctrico vegetal	Cambios en la composición física o química del aceite dieléctrico vegetal por agentes externos.
Contacto del aceite dieléctrico vegetal con otras sustancias	Ocasionada por la ausencia de un adecuado aislamiento o cubrimiento del aceite dieléctrico vegetal, como también por contaminación con sustancias ya

	presentes en el recipiente contenedor o en el transformador.
Estado inapropiado del aceite dieléctrico vegetal para su posible aprovechamiento final	Incumplimiento de la presentación del aceite dieléctrico vegetal a nivel físico y químico, para ser usado en procesos de aprovechamiento.

Una vez identificados y definidos los problemas se realiza la matriz de Vester (**Tabla 11**) para determinar la interrelación que hay entre ellos, éste es un sistema de análisis estructural que permite definir las diferentes relaciones que hay entre las variables determinadas como problemas.

Tabla 11. Matriz de Vester

PROBLEMAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total Causalidad (Activos)
1 Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante el transporte del transformador hacia su sitio de instalación y uso.		3	0	3	0	0	2	3	2	13
2 Contacto del aceite dieléctrico vegetal con elementos del medio ambiente.	0		0	2	0	0	3	3	3	11
3 Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante su uso en los transformadores de distribución eléctrica.	0	3		3	0	0	3	3	3	15
4 Insatisfacción en la comunidad receptora del servicio ante el evento de un derrame.	0	0	0		0	0	0	0	0	0
5 Derrame en el sitio de almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso	0	1	0	3		0	3	3	3	13
6 Ausencia de instalaciones adecuadas para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso	0	2	0	1	3		3	3	3	15
7 Alteración de las características físico-químicas del aceite dieléctrico vegetal	0	0	0	0	0	0		0	3	3
8 Contacto del aceite dieléctrico vegetal con otras sustancias	0	1	0	0	0	0	3		3	7
9 Estado inapropiado del aceite dieléctrico vegetal para su posible aprovechamiento final	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Total Dependencias - Consecuencias (Pasivos)	0	10	0	12	3	0	17	15	20	

Los valores obtenidos en la matriz se llevan a un plano cartesiano (**Ilustración 7**), siguiendo la metodología de vester, para categorizar los problemas e identificar los de mayor relevancia, determinando las causas y las consecuencias, y estableciendo el grado de causalidad de cada variable.

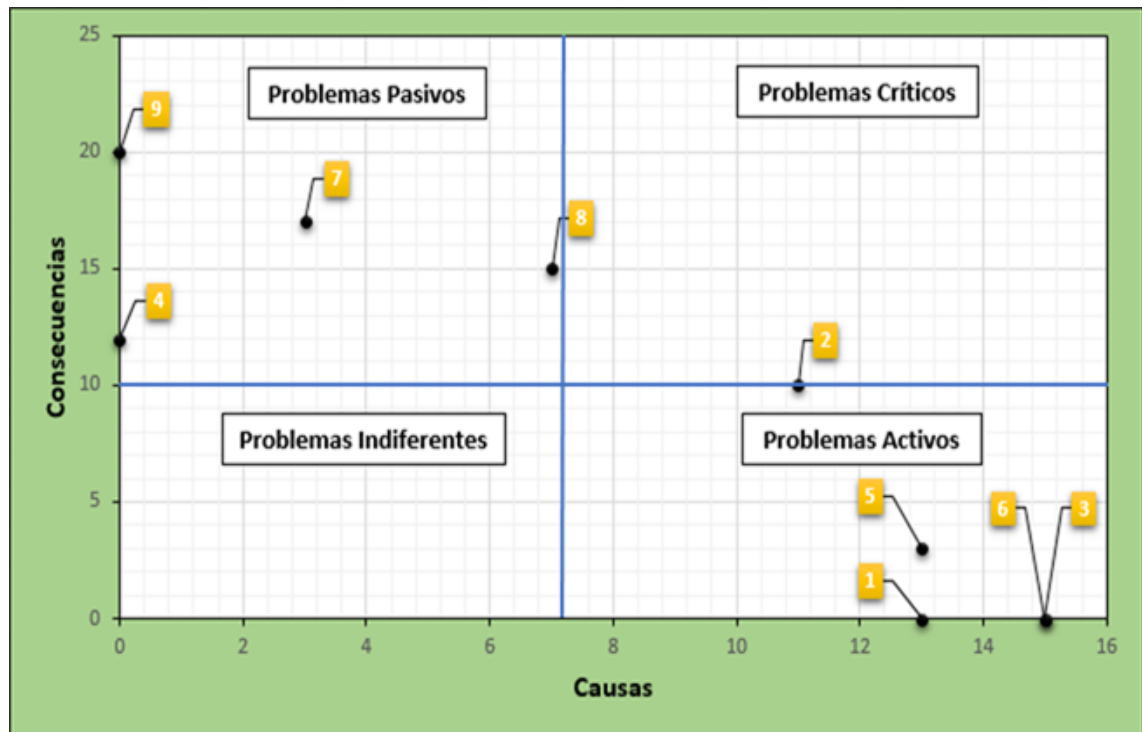


Ilustración 7. Grado de causalidad

De acuerdo a los valores obtenidos en el plano cartesiano se realiza un cuadro de clasificación (**Tabla 12**) en donde se ubican los problemas de acuerdo a la categoría establecida.

Se puede observar en la categorización de problemas (**Tabla 12**) que los eventos de derrame durante el uso, transporte y almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal y/o transformador y la ausencia de instalaciones correctas de

almacenamiento temporal, figuran como problemas activos o con mayor grado de causalidad, siendo las variables que requieren mayor atención, ya que estas tienen un alto grado de influencia sobre las demás, estableciéndose como los problemas más importantes. Por otro lado, la insatisfacción en la comunidad, la alteración de las características físico-químicas del aceite dieléctrico vegetal, el contacto de éste con otras sustancias y el estado inapropiado del mismo para su posible aprovechamiento, se ubican en la categoría de problemas pasivos o con menor grado de causalidad y mayor grado de dependencia, estas variables se presentan como consecuencias de las variables con mayor grado de causalidad, es decir, como resultados obtenidos por la presencia de los problemas activos. De la misma manera, el contacto del aceite vegetal con elementos del medio ambiente se presenta como el único problema crítico, éste podría ubicarse en algún momento como problema pasivo y en otro como problema activo³⁸.

Tabla 12. Categorización de problemas.

PROBLEMAS PASIVOS (CONSECUENCIAS)	PROBLEMAS CRÍTICOS
4. Insatisfacción en la comunidad receptora del servicio ante el evento de un derrame.	2. Contacto del aceite dieléctrico vegetal con elementos del medio ambiente.
7. Alteración de las características físico-químicas del aceite dieléctrico vegetal.	
8. Contacto del aceite dieléctrico vegetal con otras sustancias.	
9. Estado inapropiado del aceite dieléctrico vegetal para su posible aprovechamiento final.	
PROBLEMAS INDIFERENTES	PROBLEMAS ACTIVOS (CAUSAS)
	1. Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante el transporte del transformador hacia su sitio de instalación y uso.

³⁸ Ibid., p. 35.

	3. Derrame del aceite dieléctrico vegetal durante su uso en los transformadores de distribución eléctrica.
	5. Derrame en el sitio de almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso.
	6. Ausencia de instalaciones adecuadas para el almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal después de su uso.

Para concluir, en los problemas activos se deben trabajar medidas de control y seguimiento, para así evitar la generación de los problemas pasivos. De acuerdo con la descripción de cada variable activa, estas se logran prevenir desde el manejo integral, teniendo en cuenta el transporte, uso y almacenamiento temporal.

6.2. MANUAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE ACEITES DIELECTRICOS VEGETALES UTILIZADOS EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA COSTA ATLÁNTICA.

Este manual brinda las pautas necesarias para que el aceite dieléctrico vegetal contenido en un transformador o fuera de él, mantenga condiciones que permitan el posterior aprovechamiento, cuando éste sea presentado como residuo. En la **Ilustración 8.** se presentan las etapas a desarrollarse dentro del manual de acuerdo al alcance del mismo.

Los procedimientos descritos a continuación son una guía de manejo ajustada al tipo de residuo y al análisis de la normatividad aplicable, cabe resaltar que para los aceites dieléctricos vegetales no existe ningún tipo de regulación legal específica, por lo cual, este manual centra su atención en brindar al generador, procedimientos adecuados que permitan el aprovechamiento del residuo.

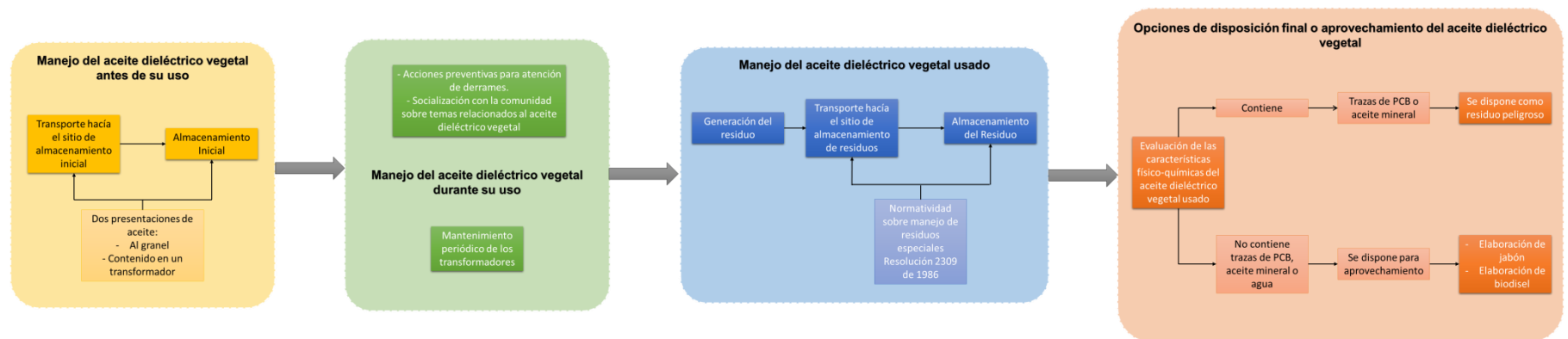


Ilustración 8. Flujograma manual para el manejo integral de aceites dieléctricos vegetales utilizados en los transformadores de distribución de energía eléctrica de la costa atlántica.

6.2.1. Procedimientos adecuados para el manejo del aceite dieléctrico vegetal antes de su uso.

En la etapa –Antes de su uso- se contemplan dos procesos, primeramente en trasporte y en segunda estancia el almacenamiento del aceite nuevo. Dichas etapas serán abarcadas teniendo en cuenta que el aceite puede ser comercializado en dos presentaciones: A granel o contenido en un transformador.

A continuación se describen los procedimientos adecuados durante su transporte y almacenamiento inicial.

6.2.1.1. Transporte

El transporte debe ser realizado en vehículos apropiados, contar con la identificación de la peligrosidad, según el rombo de seguridad, así mismo el tipo de vehículo dependerá de la presentación en la que se transporte el aceite.



Ilustración 9. Rombo de seguridad.

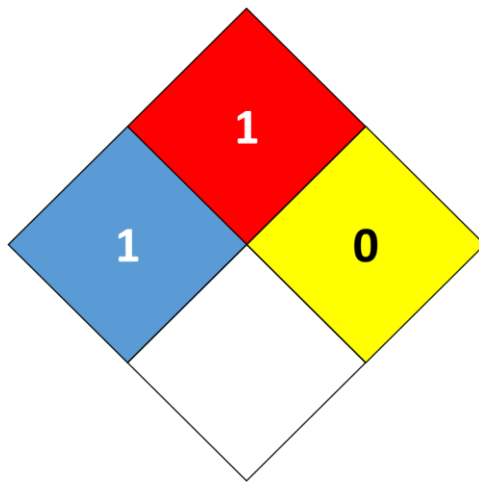


Ilustración 10. Rombo de seguridad aceite dieléctrico vegetal.

Para el transporte del aceite a granel se recomienda usar vehículos específicos para el transporte de líquidos, y verificar las condiciones del mismo:

- Herméticamente cerrado: La presencia de oxígeno puede hacer variar las características del aceite.
- Contaminación: El contacto con suciedad del ambiente (material particulado, lluvia, o ambientes salinos) afectará las válvulas de salida del aceite, así mismo el contacto con otras sustancias, contenidas anteriormente en el sitio de almacenaje y/o transporte serán elementos perjudiciales para las características del aceite.
- Hidrolisis: La presencia de agua facilita la descomposición de los ácidos grasos, el recipiente que contendrá el aceite siempre debe estar limpio y seco antes de ser utilizado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el mercado ofrece diferentes vehículos para el transporte de este tipo de sustancia, en esta guía se recomienda utilizar, camiones

cisternas o dispositivos flexibles (tanques o bolsas) que se adaptan al tamaño del contenedor.



Fuente: <http://www.tibagroup.com/es/flexitank>

Ilustración 11. Bolsa/Tanque flexible en contenedor



Fuente: http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v1/1247746066_1/Brand-New-Automaxx-1-32-Scale-MAN-front-b-Oil-b-front-font-b-Tanker-b.jpg

Ilustración 12. Camión cisterna

Cuando el aceite es transportado contenido en un transformador, las condiciones de transporte deben seguir las especificaciones típicas del mismo. La NTC 2784 describe aspectos sobresalientes para el transporte de los transformadores, como el embalaje, rotulado y transporte.

El embalaje del transformador debe permitir que el movimiento o almacenaje de los transformados, sea fácil levantarlo por la base del embalaje, para ello, el embalaje debe contar con las siguientes partes³⁹.

- Base: debe poseer vigas, travesaños o durmientes con una altura suficiente que permita el uso de un montacarga. Esta altura debe ser mínimo de 10 cm.
- Estructura vertical: conformada por un mínimo de cuatro elementos robustos y suficientemente fuertes, colocados en las esquinas de la base del embalaje en forma perpendicular a ésta.
- Refuerzos: deben ser laterales y superiores, estos últimos deben ser resistentes y planos de tal forma que permitan la colocación de unidades en forma vertical.

El transformador también debe contar con fijación al embalaje, esto para que el transformador no sufra deterioro físico a causa de movimientos bruscos dentro del embalaje, la fijación puede ser por medio de tornillos, cuñas o zunchos.

Para el transporte, la carga debe distribuirse equilibradamente dentro del vehículo, se organizan los transformadores en su embalaje y se crean grupos separados entre sí, y manteniendo distancia entre las paredes del vehículo, con cuñas en el piso para evitar movimientos.

El embalaje debe transportarse debidamente rotulado, y dicho rotulo debe estar ubicado en un lugar visible, conteniendo la siguiente información: Destinatario, peso bruto, peso neto, logotipo del fabricante, indicaciones especiales sobre la posición,

³⁹ ICONTEC, NORMA TECNICA COLOMBIANA 2784. Electrotecnia. Guía para embalaje, almacenamiento y transporte de transformadores de distribución, pág 2.

ubicación de las cadenas para levante, fragilidad del contenido, capacidad del transformador y número de pedido.

6.2.1.2. Almacenamiento inicial

Los sistemas de almacenamiento del aceite dieléctrico vegetal componen una fase importante para la conservación de las características del mismo, a granel o contenido en un transformador, el aceite debe contar con especificaciones locativas y de descargue que garanticen su estado óptimo.

La distribución del aceite dieléctrico vegetal a granel, requiere mayores cuidados para protección del mismo, tanto en transporte como almacenaje, se debe garantizar limpieza y buen estado de válvulas, mangueras, conectores y contenedores.

Se recomienda que en la recepción del aceite se realice inspección del mismo, según las especificaciones del fabricante. La descarga del aceite se realiza utilizando una bomba o alimentación por gravedad utilizando mangueras resistentes al aceite.

La descarga se realiza a tanques de almacenamiento de acero estándar, cumpliendo con los códigos y normas para tal fin. Se recomienda que usen tanques nuevos, limpios y secos, y que contengan por lo menos un orificio de acceso. El tanque de almacenamiento debe atender cómo mínimo a las siguientes condiciones:

- Capacidad apropiada y tuberías para llenado y aspiración adecuadas.

- Completamente limpio y minuciosamente inspeccionado para garantizar condiciones de almacenamiento adecuadas.

La temperatura de succión estará definida por el fabricante, sin embargo, en se recomienda que el aceite mantenga una temperatura superior a 10°C.

El almacenamiento de transformadores luego de ser embalados debe ser preferiblemente cubierto⁴⁰, la organización de los transformadores dependerá del tamaño de los mismos y el tiempo del almacenamiento.

Para transformadores monofásicos con potencia hasta 100 kVA o trifásicos con potencia hasta 112,5 kVA deberán colocarse en columnas de dos unidades como máximo, siempre y cuando el tiempo de almacenamiento no extienda 1 año, de lo contrario, el almacenamiento deberá realizarse por unidades.

Los transformadores de mayor capacidad a los descritos anteriormente, siempre deben almacenarse por unidades.

6.2.2. Procedimientos adecuados para el manejo del aceite dieléctrico vegetal durante su uso.

Los procedimientos propuestos para realizar durante el uso del aceite dieléctrico vegetal, están dirigidos hacia actividades preventivas. En este orden de ideas, la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica, debe realizar mantenimientos

⁴⁰ ICONTEC, NORMA TECNICA COLOMBIANA 2784. Electrotecnia. Guía para embalaje, almacenamiento y transporte de transformadores de distribución, pág 3.

preventivos a los transformadores de distribución eléctrica con una periodicidad establecida de acuerdo a la marca del transformador y su tiempo de uso. Durante estos mantenimientos y orientados hacia el manejo adecuado del aceite dieléctrico vegetal para su aprovechamiento final, primero, se debe verificar y garantizar que el transformador no tenga ningún tipo de fisura o desgaste físico que pudiera generar un derrame del aceite, y segundo, verificar el estado mecánico del transformador constatando el buen funcionamiento del mismo. En caso de que hubiere un derrame, la empresa prestadora del servicio eléctrico debe contar con los instrumentos requeridos para la atención del mismo, esto es: el kit para atención de derrames (**Ilustración 13.**), en la medida que sea necesario. En general, un kit de atención de derrames cuenta con: material absorbente, pala, escoba, señales de precaución, elementos de protección personal y contenedores.



Fuente: <http://www.codecam.com.co/contacto.html>

Ilustración 13. Kit de atención de derrames

Para la atención de un derrame los pasos a seguir son los siguientes:

- Identificar el sitio de donde proviene el derrame.

- Suspender inmediatamente la fuente del derrame.
- Dar aviso oportuno de la emergencia al personal de la zona.
- Aislar el área afectada, suspender operaciones en esta área y controlar posibles fuentes de ignición.
- Determinar hasta dónde han llegado los aceites dieléctricos usados y, confinar el área del derrame con diques de materiales oleofílicos, evitando que los aceites usados entren al sistema de alcantarillado, al suelo o entren en contacto con agua u otro líquido.
- El personal libre en el momento de la emergencia, deberá evacuar los vehículos y otros elementos del lugar.
- Recoger, limpiar y secar el aceite usado con materiales oleofílicos absorbentes o adherentes y recolectar con vasijas o baldes el derrame. Durante esta operación se deben utilizar guantes resistentes a la acción y demás elementos de protección personal, y no se deberá aplicar agua ni otro líquido sobre el aceite usado.
- Almacenar los materiales contaminados con aceites usados en forma independiente, alejados de fuentes de ignición y protegidos del agua.
- Entregar los materiales contaminados a personal debidamente acreditado por la autoridad ambiental competente para realizar la disposición final, de acuerdo con las normas vigentes.
- Si el derrame ha alcanzado un cuerpo de agua o el sistema de alcantarillado, se deberán tener en cuenta los lineamientos consignados en el Plan Nacional de Contingencias

Si el aceite llegase a estar contaminado con aceite mineral u otra sustancia sustituyente o derivado de PCB, se deberá realizar la recolección y evaluar el porcentaje en ppm de PCB contenido en el volumen recolectado, y disponerse como residuo peligroso.

Por último, se recomienda organizar un cronograma de socialización a la comunidad

sobre temas relacionados con el aceite dieléctrico vegetal, sus características y beneficios, y las acciones a tomar ante un evento de derrame. Esto, con el motivo de generar en la comunidad concientización sobre las medidas a tomar cuando se presenten estos eventos. De igual forma, esta actividad permitiría dar a conocer las acciones implementadas por la empresa prestadora del servicio público en materia de responsabilidad social.

6.2.3. Procedimientos adecuados para el manejo del aceite dieléctrico vegetal usado.

El manejo del aceite dieléctrico vegetal usado comprende la recolección de este desde su sitio de uso hasta llegar a su almacenamiento. En este sentido, las acciones a tener en cuenta dentro de este manejo son las realizadas dentro del marco del transporte y almacenamiento.

6.2.3.1. Transporte

El transporte del aceite usado, se debe contemplar como residuo, dado que éste ya ha finalizado su vida útil y debe acogerse a las normas que se estipulan para el transporte y almacenamiento como residuos. Teniendo en cuenta la clasificación que posee el aceite dieléctrico vegetal como residuo especial, se deben contemplar ciertos artículos del Resolución 2309 de 1986 que aplican para las actividades de transporte y almacenamiento del residuo.

En primera estancia los vehículos que se empleen para el transporte dieléctrico vegetal usado deben contar con autorización sanitaria y registro ante el Servicio de Seccional de Salud, adicionalmente debe poseer:

- Acondicionamiento adecuado para evitar el derrame del aceite dieléctrico vegetal.

- Identificación visible para fácil control de acuerdo a lo establecido por el Consejo Nacional de Seguridad.

- Debe contar con un kit de derrames.

- Los vehículos que transporten el aceite dieléctrico vegetal deberán ser lavados y desinfectados después de cada entrega de estos y antes de cada carga.

De igual forma, el personal que transporte el aceite dieléctrico vegetal usado debe contar con capacitación para este tipo de residuo, y tener las competencias para prevenir riesgos y medidas a tomar en caso de un accidente. El transportador deberá entregar el aceite dieléctrico vegetal usado solamente en los sitios que tengan autorización sanitaria para esto, ya sea para disposición final o aprovechamiento.

El transporte de estos puede realizarse en recipientes contenedores herméticos, impidiendo el escape del mismo y el ingreso de animales, insectos y agua. De igual forma, debe contar con:

- Identificación: Indicando su contenido y con símbolo de acuerdo a las normas del Consejo Nacional de Seguridad.

- Debe tener capacidad de resistir la tensión por el residuo que contienen y por su manipulación.

- Estar limpios y secos.

6.2.3.2. Almacenamiento temporal del aceite dieléctrico vegetal usado.

El almacenamiento temporal corresponde al sitio de acopio en donde se deposita el aceite dieléctrico vegetal presentado como residuo, antes de que se realice su aprovechamiento y/o disposición final.

El almacenador, sea este un tercero o el mismo generador del aceite, debe contar

con autorización sanitaria y registro ante el Servicio Seccional de Salud o la Secretaría de Salud de su jurisdicción. El lugar de almacenamiento debe contar con capacidad suficiente, de acuerdo a la estimación de residuos generados y la frecuencia de evacuación.

Dentro del sitio de almacenamiento, el aceite dieléctrico vegetal usado debe estar empacado adecuadamente según sus características físicas o químicas de cantidad, volumen o peso.

Debido a que éste es un residuo especial, se debe contar con una ruta interna, en donde se indique el manejo del aceite dieléctrico vegetal, la ruta debe ser trazada teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) El recorrido entre el área de almacenamiento y el sitio de entrega sea lo más corto posible.
- b) En el recorrido se debe evitar el paso por zonas de alto riesgo para la salud humana.
- c) El recorrido se debe mantener limpio y desinfectado (Aplica cuando por las características del residuo se requiera).

Así mismo, el sitio de almacenamiento temporal debe cumplir con unos requisitos ya establecidos, entre los que están:

- a) Tener iluminación y ventilación naturales.
- b) Tener capacidad suficiente para contener los residuos que se espera almacenar, más lo previsto para casos de acumulación o incrementos en la generación.
- c) Estar señalizado con indicaciones para casos de emergencia y prohibición expresa de entrada a personas ajenas a la actividad de almacenamiento.
- d) Estar ubicado en lugar de fácil acceso y que permita evacuación rápida en casos de emergencia.
- e) Estar provisto de elementos de seguridad que se requieran según las

características de los residuos a contener.

f) Tener dotación de agua y energía eléctrica.

g) Tener los pisos, paredes, muros y cielo rasos, de material lavable y de fácil limpieza, incombustibles, sólidos y resistentes a factores ambientales.

h) Tener pisos con pendiente, sistema de drenaje y rejilla, que permitan fácil lavado y limpieza.

i) Tener protección contra artrópodos y roedores.

j) Tener limpieza permanente y desinfección, para evitar olores ofensivos y condiciones que atenten contra la estética y la salud de las personas.

k) Tener protección contra factores ambientales, en especial contra aguas lluvias.

l) Cumplir con las exigencias de los Decretos 02 de 1982 y 2206 de 1983 sobre emisiones atmosféricas, 1594 de 1984 sobre Usos del Agua y Residuos Líquidos y los demás reglamentos que lo sustituyan, modifiquen o complementen.

6.2.4. Opciones de disposición final o aprovechamiento del aceite dieléctrico vegetal.

El manejo descrito anteriormente tiene como finalidad permitir el aprovechamiento del aceite dieléctrico vegetal en otro proceso productivo, sin embargo, se debe tener en cuenta que la implementación de esta nueva tecnología implica costos significativos para el sector empresarial, y que este sector tiene dos opciones para iniciar dicha implementación, la primera, reconversión total de los equipos, el cual implica la instalación de transformadores nuevos inmersos en aceite dieléctrico vegetal, y la segunda opción, que significa limpiar los equipos transformadores antiguos y “rellenarlos” con aceite dieléctrico vegetal; para ambos casos, existe un riesgo elevado de que al final de su vida útil, el aceite pueda ser tratado como un residuo especial o como un residuo peligroso.

Teniendo en cuenta lo anterior, es de suma importancia que todos los elementos que tengan contacto con el aceite dieléctrico vegetal estén limpios, para minimizar trazas de aceite dieléctrico mineral u otras sustancias que pueden afectar radicalmente la caracterización final del residuo, y por ende su proceso de disposición. El resultado de un inadecuado manejo, se refleja en las alteraciones físico-químicas que puede sufrir el aceite a lo largo de su vida útil.

Teniendo en cuenta lo anterior, se contempla una etapa de inspección en donde se evalúe las características del aceite dieléctrico vegetal usado, la cual tendrá como objetivo determinar la viabilidad de que éste pueda ser aprovechado, en caso contrario el aceite será dispuesto como residuo.

En la etapa de inspección el generador debe realizar la determinación del contenido de PCB's en el transformador y/o volumen de aceite, adoptando este análisis al cumplimiento de la Resolución 0792 de 2013, por medio de la cual se establecen los protocolos de muestreo y análisis para la determinación del contenido de PCB en aceites dieléctricos y diferentes matrices ambientales, esto debe aplicarse sólo si el generador no cuenta con una certificación del fabricante del transportador en donde garantice que el equipo en mención está libre de PCB.

6.2.4.1. Disposición final del aceite dieléctrico vegetal sin alteración físico-química.

Las propiedades del aceite dieléctrico vegetal usado, se visionan como materia prima de calidad para la elaboración de productos sustentables, que provienen del reciclaje de residuos industriales y a su vez disminuye el consumo de energía y materias primas para la elaboración de nuevos productos. Siendo así, el aceite dieléctrico vegetal usado, puede ser implementado como base para la elaboración

de dos productos de productos de consumo frecuente, y sus productos con amplia demanda en el sector industrial.

Elaboración de jabón, subproducto: glicerina.

Elaboración de biodiesel, subproducto etanol.

El residuo podrá ser comercializado o donado a empresas y/o entidades que estén autorizadas para su recepción y las integren en su proceso productivo. Esta alternativa es positiva desde todo punto de vista, dado que disminuye el costo de tratamiento del residuo y a su vez contribuye a la generación de productos verdes.

6.2.4.2. Disposición final del aceite dieléctrico vegetal con alteración físico-química.

Cuando el aceite dieléctrico vegetal se encuentre contaminado con alguna sustancia que no permita el aprovechamiento del residuo, el generador debe garantizar la correcta disposición del residuo.

Las principales causas que pueden provocar el no aprovechamiento de este residuo se resumen entre: agua, y contaminación con aceite mineral, o sustitutos del mismo.

Inicialmente, se debe determinar el tipo de contaminación que el aceite posee, si es por presencia de PCB o por presencia de agua en el aceite, la primera se determina teniendo en cuenta el protocolo adoptado para la determinación de PCB en aceites dieléctricos⁴¹ y la segunda, por medio de inspección visual.

En caso de que el aceite dieléctrico en general cuente con presencia de PCB's o

⁴¹ COLOMBIA, INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, Resolución 792 del 17 de Mayo de 2013.

trazas de aceite mineral, automáticamente su clasificación como residuo pasa a ser peligroso, su disposición puede ser la misma empleada tradicionalmente para los transformadores con aceite dieléctrico mineral, adoptando los lineamiento del Manual de manejo de PCB's para Colombia⁴², entre los cuales se contemplan procedimientos de descontaminación de transformadores y la destrucción del líquido, en la que se contempla la incineración del aceite a altas temperaturas.

Será un residuo peligroso también, cuando el aceite dieléctrico vegetal usado, entre en contacto con el agua o cuando por factores ambientales alteren las características del aceite, y éste difiera en los requisitos para su aprovechamiento en otro proceso productivo, cuando esto suceda, la disposición del residuo deberá realizarse en sitios y mediante entidades avaladas por la autoridad competente para esta actividad.

⁴² PROYECTO CERI-ACDI COLOMBIA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Manual de manejo de PCBs para Colombia. Julio 1999. Pág.97-98.

7. RECOMENDACIONES

Este documento es una guía de manejo y en ningún momento tiene como objetivo reemplazar o suplir las fichas y guías técnicas generadas por el fabricante del aceite dieléctrico vegetal, siempre tenga a mano las fichas técnicas y recomendaciones del fabricante.

Si usted es un consumidor de aceite dieléctrico vegetal tome atenta nota del manejo descrito en este manual, estos procedimientos permitirán disminuir los costos de tratamiento y a mostrará una mejor imagen de su compromiso con el cuidado del medio ambiente.

Para realizar el tratamiento del residuo, ya sea como aprovechamiento y/o disposición final, tenga en cuenta siempre solicitar la autorización de la autoridad ambiental competente y/o registro sanitario.

Realice mantenimiento preventivo de manera periódica para verificar el estado físico de los transformadores de distribución de energía eléctrica que contengan aceite dieléctrico vegetal, con el fin de verificar que no existan fugas ni que el aceite esté en contacto directo con el medio ambiente, dado que la oxidación altera las características dieléctricas del mismo.

De igual forma, se recomienda limpiar todas las herramientas y/o elementos que tengan contacto directo con el aceite dieléctrico vegetal y que hayan sido usadas anteriormente con aceites dieléctricos minerales y/o sus sustitutos, utilizando los elementos de protección personal pertinentes.

Finalmente se invita a que se sigan todas las pautas y/o actividades planteadas en este manual para asegurar que el aceite dieléctrico vegetal reciba un adecuado manejo, cumpliendo con las normas legales vigentes que le aplican de acuerdo a sus características físico-químicas, y así lograr el aprovechamiento total de este residuo. Cabe resaltar, que siempre se debe asegurar que el aceite dieléctrico vegetal no cuente con trazas de aceites minerales o PCB's, en este caso, deberá ser tratado y dispuesto como residuo peligroso, para lo cual se deberá cumplir con

los requerimientos, autorizaciones y/o registros aplicables a residuos peligrosos.

CONCLUSIONES

El uso del aceite dieléctrico vegetal en Colombia ha demostrado tener un desarrollo sectorizado, iniciando su uso en el centro del país por medio de la realización de pruebas piloto, y ahora, tomando interés en la Costa Atlántica para su aplicación, en donde se ha dado inicio a la instalación de transformadores nuevos inmersos en aceite dieléctrico vegetal. Sin embargo, no se cuenta con una normatividad específica para el manejo de este tipo de aceite dieléctrico, dado que la existente aplica únicamente a los dieléctricos de origen mineral, por esta razón, en este documento se realizó un análisis de las leyes, decretos y/o resoluciones que le aplican al aceite dieléctrico vegetal, teniendo en cuenta las actividades que se desarrollan durante su manejo y las características físicas y químicas de éste una vez sea presentado como residuo. En este orden de ideas, este documento se presenta como una premisa para la generación de un marco legal específico para el manejo de los aceites dieléctricos vegetales en Colombia.

Por otra parte, la identificación de impactos ambientales realizada al ciclo de vida útil de un transformador inmerso en aceite dieléctrico vegetal, permitió definir el grado de causalidad y determinar los problemas indiferentes, pasivos, críticos y activos que representan impactos ambientales negativos y pueden ocasionarse mayormente en las etapas de transporte, uso y almacenamiento temporal. De acuerdo a lo anterior, resulta de gran importancia aplicar medidas de manejo seguras, que brinden rendimiento técnico y permitan disminuir costos de tratamiento del residuo y su impacto al medio ambiente. El manual presenta pautas que permiten definir al generador procedimientos adecuados para el transporte, uso, almacenamiento temporal y/o disposición final.

Así mismo, teniendo en cuenta la información relacionada al manejo y/o

aprovechamiento del aceite dieléctrico vegetal publicada en los medios, es posible determinar que la que ha sido desarrollada en Colombia, aún se encuentra amparada por el sector privado, dificultando el libre acceso hacia ella. Sin embargo, a nivel internacional los estudios, pruebas pilotos, y experiencias a fines son más accesibles a la academia. Por lo anterior, el presente documento tomó como referentes, en lo que a las características del aceite dieléctrico se refiere, las fichas técnicas de diferentes fabricantes de los aceites objeto de estudio (FR3 Envirotemp, BIOTEMP, MIDEL eN), determinando que en general su origen, les permite poseer características similares.

Finalmente, se concluye que la elaboración del presente documento es pertinente, de acuerdo al desarrollo actual del sector eléctrico y a las metas establecidas mundialmente para el cumplimiento de lo establecido en el Convenio de Estocolmo. De esta forma, se convierte en una guía para el manejo adecuado del aceite dieléctrico vegetal, con el objetivo principal de lograr su aprovechamiento al final de su vida útil, cumpliendo con las normas aplicables durante su uso, transporte y almacenamiento según las características físico-químicas del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

ABB Uruguay. BIOTEMP®: Aislante eléctrico en base a aceites vegetales para uso en transformadores de potencia; una solución ecológica y segura. En: Electromagazine. No. 36. [En línea]. Disponible en: [http://www02.abb.com/db/db0020/db002013.nsf/0/90a46f9cac883848c12576f7006d51b1/\\$file/Art%C3%ADculo+t%C3%A9cnico+-+Electromagazine+No+36.pdf](http://www02.abb.com/db/db0020/db002013.nsf/0/90a46f9cac883848c12576f7006d51b1/$file/Art%C3%ADculo+t%C3%A9cnico+-+Electromagazine+No+36.pdf)

ABNT CATÁLOGO. ABNT NBR 15422: 2006. [En línea]. Disponible en: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=406>

ABNT CATÁLOGO. IEEE C57.147-2008. [En línea]. Disponible en: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=257237>

ADS QUALITY, Enciclopedia del Medio Ambiente. Madrid, Editorial Fundación Confemetal, 2002. ISBN 84-95428-58-X. 133 .p.

AGENCIA NACIONAL DE PROMOCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA. Desarrollo de fluidos dieléctricos refrigerantes no contaminantes de origen vegetal. [En línea]. (http://www.agencia.gov.ar/IMG/pdf/Tubos_Trans_Electric.pdf) [Citado en: 11 de Marzo de 2013]

AGUDELO, Edison Alexander. CARDONA GALLO, Santiago Alonso. ROJANO, Benjamín. RUIZ, Orlando Simón. Un método de gestión ambiental para el tratamiento y la disposición final de un residuo peligroso. Caso: tierra fuller contaminada con aceite dieléctrico. En: Gestión y Ambiente. Vol. 15. No. 2. (Agosto

de 2012). ISSN 0124.177X

ASOCIACIÓN DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN A.C. Suplemento al catálogo de normas 2010. CT 14 TRANSFORMADORES. SC 14 - LA. NMX J-628-ANCE-2010. TRANSFORMADORES-LÍQUIDOS AISLANTES-ÉSTERES NATURALES. p.2. [En línea]. (<http://www.ance.org.mx/VentaNormas/suplemento.pdf>) [Citado en: 23 de Junio de 2014]

ASTM D6871-03 (2008). Standard Specification for Natural Ester Fluids Used in Electrical Apparatus. ASTM International, West Conshohocken, PA. [En Línea] Disponible en: <<http://enterprise2.astm.org/DOWNLOAD/D6871.1272751-1.pdf>>

BRADY AMERICA LATINA. Guía de reacción ante un derrames de aceite. [En línea] Disponible en: <<http://www.bradylatinamerica.com/bradyid/cms/contentView.do/0/4436/4708/0/SPC/Paso-1.html>> [Citado el 16 de Diciembre de 2013]

CANDAMIL C., Maria del Socorro y LÓPEZ B., Mario Hernán. Los Proyectos Sociales una Herramienta de la Gerencia Social: Guía para la identificación, formulación, evaluación y puesta en marcha. Manizales: Editorial Universidad de Caldas. Centro Editorial, 2004. 78 p. ISBN 958-8231-19-1

CHENG, David K. Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería, México, 1998. Addison Wesley Longman de México S.A de C.V. . ISBN 968 444327 7 . 512.p.

COLOMBIA. Congreso de Colombia. Ley 1196. (05, Junio, 2008) Por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes", hecho en Estocolmo el 22 de Mayo de 2001, la "Corrección al Artículo 10 del texto original en español", del 21 de Febrero de 2003, y el "Anexo G. al Convenio de Estocolmo", del 6 de Mayo de 2005. Bogotá D.C.: Rama Ejecutiva del Poder Público, Presidencia de la República.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 9. (24, Enero, 1979) Por la cual se dictan medidas sanitarias. Diario Oficial, Bogotá D.C., 5, Febrero, 1979. no. 35193: Presidente de la República, Ministerio de Salud. p. 373.

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de desarrollo sectorial sostenible. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes = National Implementation Plan of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants: República de Colombia / Suárez O., Leydy M.; López P., Andrea; Rodríguez C., José A.; Quintero M., Orlando; Cydep (Consultor); – Bogotá D.C. : Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 182 p. – Español e inglés. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/des_sect_sost/res_peligrosos/020811_plan_nacional_cop.pdf

COLOMBIA. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. Decreto 4741. (30, Diciembre, 2005). Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá D.C: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Ministerio de Protección Social, Ministerio de Transportes. 25.p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1446 de 5 de Octubre de 2005. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 3.p.

COLOMBIA. Ministerio de Salud. Resolución 2309. (24, Febrero, 1986) Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del [Título III de la Parte 4a. del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974] y de los [Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979], en cuanto a Residuos Especiales. Bogotá D.C.: El Ministerio, Art. 2, parágrafo.

CONSEJO INTERNACIONAL DE GRANDES SISTEMAS ELÉCTRICOS (CIGRÉ 2010). Experiences in service with New Insulating. París, 2010.

CONVENIO 063 DE 2005. Manual para el manejo integral de aceites usados. 2006. Disponible en [En línea]. Disponible en : (http://www.minambiente.gov.co/documentos/4582_161209_manual_aceites_usados.pdf) [Citado en: 6 de Diciembre de 2013]

CONVENIO DE ESTOCOLMO. Convenio de Estocolmo 10 º Aniversario: Principales logros en 10 Años. Secretaría del Convenio de Estocolmo. Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente. [En Línea] Disponible en: <http://chm.pops.int/TheConvention/Publications/Other/tabid/3072/Default.aspx#>

COOPER POWER SYSTEMS. Fluidos Dieléctricos: Fluido Envirotemp FR3 Almacenaje y Manipulación. Cooper US, Inc: 2009. 11 h. (S900-20-1S)

CUTHBERT C., Jojo. Aplicación de la Matriz de Vester. Plusformación. [En Línea] Disponible en: <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Aplicacion-Matriz-Vester>

EGESUR. Plan de manejo de residuos sólidos de EGESUR. EGESUR, Oficina de Gestión Ambiental: 2008. 38 h. (Perú). [En línea]. Disponible en: <http://www.egesur.com.pe/pages/gestion/Docs/GesAmbiental/Plan%20de%20Residuos%202008.pdf>

ENCUENTRO REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ “ERAC” (13: 24-28, Mayo, 2009: Puerto de Iguazú, Argentina). Mantenimiento Moderno en Transformadores de Potencia. Puerto de Iguazú: Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos “CIGRÉ”, 2009. 8 p. [En Línea] Disponible en: <http://prof.usb.ve/bueno/Transformadores/A2-110.pdf>

EQUIPO ELENCOND. Norma sobre Gestión de aceites Dieléctricos usados de Transformadores. NO-UTE-AM-0002/02. [En línea]. Disponible en: <http://www.equipoелеcond.com.uy/pcb.pdf>

FERNANDO NAVAS, Diego. CADAVID RAMÍREZ, Héctor. ECHEVERRY IBARRA, Diego Fernando. Aplicación del aceite dieléctrico de origen vegetal en transformadores eléctricos. En: Ingeniería y Universidad. Vol. 16. No. 1. (Enero – Junio de 2012). ISSN 0123-2126

GÓMEZ GÓMEZ, Neffer Arvey. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un aceite dieléctrico de origen vegetal (FR3) utilizado en transformadores de

distribución con miras a su recuperación y reutilización. Cali, 2010. Tesis (Químico). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Disponible en el catálogo en línea de la Universidad del Valle: <http://opac.univalle.edu.co/cgi-olbib/opac.sh>

MARTINEZ R., Hector AVILA R., Elizabeth. Metodología de la investigación. Editorial Cengage Learning, Mexico D.F, 2010. 226.p. ISBN 10:607-481-024-9

MIDEL® , MIDEL® eN: Mayor protección Medioambiental. Julio de 2012 [En línea]. Disponible en: http://static.mimaterials.com/midel/documents/technical/Spanish%20Technical%20Documents/MIDEL_eN_Greater_Environmental_Protection_ES.pdf

MIDEL® , MIDEL® eN: Mayor seguridad contra incendios. Julio de 2013. [En línea]. Disponible en: http://static.mimaterials.com/midel/documents/technical/Spanish%20Technical%20Documents/MIDEL_eN_Fire_Safety_ES.pdf

MURILLO S., Jorge Enrique; MARCHENA P., Verny José. Estudio Básico de Contaminación en Aceites Dieléctricos Mediante Láser. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2006. Trabajo de Grado (Bachiller en Ingeniería Eléctrica). Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería. [En línea]. Disponible en: <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0528t.pdf>

OCÓN V., Rodrigo. Sustitución de Aceite Vegetal en un Autotransformador de 230/115 KV, 25/33.33 MVA, en la subestación Irapuato II: Conferencia 04. En: EXPO-FORO ELÉCTRICO. (8º: 18 de Abril de 2012: Querétaro). [En línea].

Disponible en: <http://www.expoforoelectricocaname.org.mx/wp-content/uploads/2012/02/salon02/04-IEM.pdf>

OOMMEN, T. V; CLAIBORNE, C.C y WALSH,E.J Introduccion of a new fully biodegradable dielectric fluid. 1998 IEEE

ORMAZABAL, Especialista en Media Tensión. Transformadores de Distribución: ORGANIC Transformador con líquido dieléctrico natural biodegradable. Ormazabal, Departamento Técnico-Comercial. 6h. (ca-332-ES-1105)

PNUMA PRODUCTOS QUÍMICOS, Transformadores y condensadores con PCB desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Mayo de 2002, Primera Edición. [En Línea]. Disponible en: http://www.chem.unep.ch/pops/pdf/PCBtransformers_sp.pdf

REIS TENAJAS, Pedro. Análisis del envejecimiento del aceite de un transformador mediante espectroscopía dieléctrica medida en baja frecuencia. Madrid, 2009. Trabajo de Grado (Ingeniería Técnica en Electricidad). Universidad Carlos III de Madrid. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10016/10865>

REPETTO,Manuel. Toxicología Fundamental. Madrid,Tercera Edición. Ediciones Diaz de Santos S.A, 1997. ISBN 84-7978-263-3. 432.p.

ROJAS CARDEÑO, José Antonio. Empleo de Líquidos Dieléctricos Biodegradables

en Sustitución de Fluidos Convencionales: La Experiencia del Biolectra en Transformadores Eléctricos de Distribución. Ormazabal. 26 de Noviembre de 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.camaramadrid.es/doc/linkext/4--jose-antonio-rojas.-ormazabal.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Metodología Matriz de Véster

La Matriz de Vester es una herramienta que facilita la determinación de las causas y consecuencias en una situación problemática, ésta técnica fue desarrollada por el alemán Frederic Vester y aplicada con éxito en diversos campos⁴³. Para el desarrollo de la metodología, inicialmente se identifican los problemas a trabajar haciendo uso de técnicas concernientes, como lluvia de ideas, encuestas, etc. Estos problemas o variables se llevan a la matriz, que es en términos generales un arreglo de filas y columnas, que por convención toma a las primeras, a nivel horizontal y las segundas, a nivel vertical. En la matriz se ubican los problemas detectados tanto por filas como por columnas en un mismo orden previamente identificado⁴⁴ (**Ilustración 12.**).

PROBLEMAS	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5	Problema 6	Problema 7	Problema 8	Problema 9	Total Causalidad (Activos)
Problema 1										
Problema 2										
Problema 3										
Problema 4										
Problema 5										
Problema 6										
Problema 7										
Problema 8										
Problema 9										
Total Dependencias - Consecuencias (Pasivos)										

***Fuente Propia**

⁴³ CUTHBERT C., Jojo. Aplicación de la Matriz de Vester. Plusformación. [En Línea]. (Citado el 18 de Marzo de 2014)

⁴⁴ Ibíd.[En Línea]

Ilustración 14. Matriz

A continuación, se realiza la valoración de los problemas determinando el grado de causalidad que tiene cada variable sobre las demás, es decir: el problema 1 causa el problema 2, el problema 1 causa el problema 3, el problema 1 causa el problema 4, etc., esta valoración se realiza en el orden fila sobre columna. Los espacios correspondientes a la diagonal de la matriz quedan en blanco ya que es imposible relacionar un problema como causante de sí mismo. El grado de causalidad otorgado a cada relación se da de acuerdo a los siguientes niveles:

0= No es causa

1= Es causa indirecta

2= Es causa medianamente directa

3= Es causa directa

Al diligenciar completamente la matriz, se realiza una sumatoria horizontal y vertical de los valores dados a cada problema, obteniendo un valor total para cada variable en la columna de causalidad y en la fila de dependencias (**Ilustración 13**).

PROBLEMAS	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5	Problema 6	Problema 7	Problema 8	Problema 9	Total Causalidad (Activos)
Problema 1		3	0	3	0	0	2	3	2	13
Problema 2	0		0	2	0	0	3	3	3	11
Problema 3	0	3		3	0	0	3	3	3	15
Problema 4	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Problema 5	0	1	0	3		0	3	3	3	13
Problema 6	0	2	0	1	3		3	3	3	15
Problema 7	0	0	0	0	0	0		0	3	3
Problema 8	0	1	0	0	0	0	3		3	7
Problema 9	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Total Dependencias - Consecuencias (Pasivos)	0	10	0	12	3	0	17	15	20	

*Fuente propia

Ilustración 15. Valorización de Problemas

Los valores totales obtenidos para cada variable, vertical y horizontalmente, se toman como coordenadas x,y respectivamente, y se llevan a un plano cartesiano (**Ilustración 14**) donde se le dará una categoría a cada problema. De acuerdo a su ubicación en los cuadrantes, estos podrán categorizarse como:

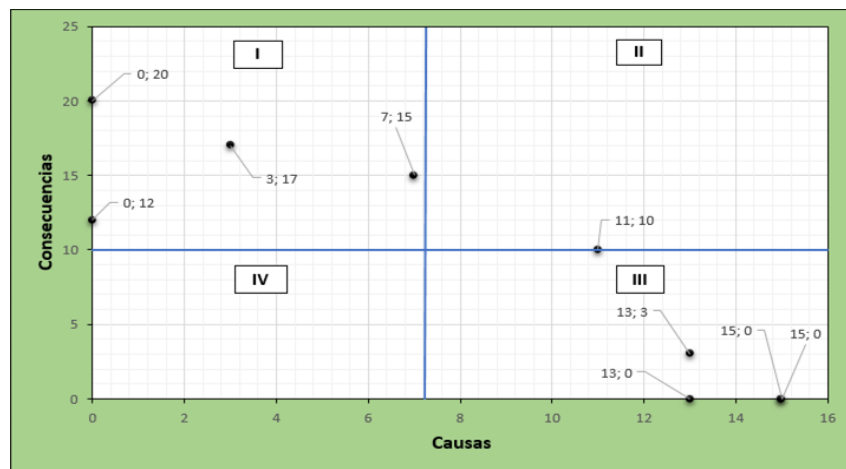
Cuadrante I: Problemas Pasivos

Cuadrante II: Problemas Críticos

Cuadrante III: Problemas Activos

Cuadrante IV: Problemas Indiferentes o Autónomos

Para determinar los límites de cada cuadrante, se divide entre dos el valor mayor obtenido en la valorización de problemas para cada eje (x,y), es decir, en la columna de los activos y en la fila de los pasivos (**Ilustración 14**), de acuerdo al resultado, se traza en el plano cartesiano una línea perpendicular a cada eje que indicaran las secciones para los cuadrantes, de esta forma, por ejemplo, si el valor mayor obtenido verticalmente fue 20 la línea divisoria en el eje x partirá del número 10 en forma perpendicular al eje.



*Fuente propia

Ilustración 16. Categorización de Problemas

Finalmente, la categorización de las variables permite focalizar los problemas con mayor relevancia por ser causantes de otros, y determinar los que son consecuencias, ésto, según el grado de causalidad y consecuencia de cada uno, asumiendo al eje x como consecuencia y al eje y como causa. Es así como, los problemas ubicados en el cuadrante I, es decir, los problemas pasivos, presentan un alto valor de consecuencia y uno bajo de causa, por ende estos problemas no generarán otros, pero su existencia dependerá de la presencia de los problemas activos, los cuales se ubican en el cuadrante III y a diferencia de los pasivos cuentan con un alto valor de causalidad o influencia, por esto, los problemas ubicados en este cuadrante se establecen como los más importantes. Por otra parte, las variables ubicadas en el cuadrante II, se definen como problemas críticos por tener alto grado de causa y consecuencia, según Candamil y López⁴⁵, a este cuadrante también se le define como zona de conflicto, ya que por su vulnerabilidad en algún momento se puede ubicar como problema activo y en otro como problema pasivo. Por último, en el cuadrante IV, se ubican los problemas definidos como indiferentes o autónomos, que cuentan con bajo grado de causalidad y consecuencia, estas

⁴⁵ CANDAMIL C., María del Socorro y LÓPEZ B., Mario Hernán. Los Proyectos Sociales una Herramienta de la Gerencia Social: Guía para la identificación, formulación, evaluación y puesta en marcha. Manizales: Editorial Universidad de Caldas, 2004. p. 35

variables no afectan a otros directamente pero no se deben desechar.

ANEXO 2. Entrevistas

No 1.

Realizada a: Larry Young

Gerente Recilij S.A.S.

Preguntas:

- ¿Qué tipo de aceite recibe o trata?
 - ¿Qué características debe para poder recibirlo?
 - ¿Cómo evalúa las características?
 - ¿Qué medidas de seguridad se emplea al transportado?
 - ¿Qué proceso se aplica para la reutilización del aceite vegetal?
 - ¿Conoce otras empresas que transporten y traten aceite vegetal?
 - ¿Qué opina de la implementación de aceites vegetales en transformadores de distribución eléctrica?
 - ¿Le interesaría reutilizar el aceite dieléctrico vegetal?
 - ¿Cree que este tipo de mercado (transporte y reutilización) tendría la capacidad de atender la demanda de aceite cuando éste se use en transformadores?
-

No 2.

Realizada a: Jeison Reyes

Auditor Control Ambiental Contratista Electricaribe S.A.S

Atlántico - Guajira

- ✓ ¿La estación el Oasis, cuenta con sitio de almacenamiento temporal para los transformadores de distribución de energía?
- ✓ ¿Cómo se realiza el transporte interno y externo de los transformadores?
- ✓ ¿Cómo realizan la disposición de los residuos generados por los transformadores?
- ✓ ¿Realizan llenado o envase de aceites dieléctricos minerales en la instalación?

ANEXO 3. Lista de Chequeo

LISTA DE CHEQUEO CARACTERISTICAS DEL ALMACENAMIENTO TEMPORAL				
Lugar: _____ Fecha: _____				
Características del almacenamiento temporal *	Cumple			Observaciones
	SI	NO	N.A	
Adecuada señalización				
Permanecer en estado de orden y aseo				
Contar con protección para aguas lluvias				
Contar con iluminación y ventilación adecuadas				
Paredes lisas de fácil limpieza				
Poser acometida de agua y drenaje para lavado				
Contar con equipos adecuados para extinción de incendios y fecha de vencimiento válida				
Contar con programa de control de vectores				
Espacio suficiente				
Báscula para cotrol de generación				
No estar ubicados en espacio público				
Contar con sistema de control de olores				
Responsable: _____				
*Según GTC 24 Numeral 6.2.1. Características del almacenamiento temporal				